www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

15e JAARGANG No. 5-6, blz. 137-176 MEI-JUNI 1953

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

MODERN VORMGIETWERK

door H. J. MEERKAMP van EMBDEN.

621.74.045

Een oeroude, door de Soemeriërs en door de Egyptenaren reeds duizenden jaren geleden met grote vaardigheid toegepaste ambachtelijke techniek, het gieten „à cire perdue", is van betekenis gebleven door de eeuwen heen en tot in de jongste tijd: met dezelfde techniek werden vele van de fraaie werken der beeldhouwkunst van de Renaissance vervaardigd, en deze techniek ligt ook ten grondslag aan een modern industrieel procédé voor het fabriceren van metalen massa-artikelen, dat sinds een tiental jaren ingang heeft gevonden.

Het gieten van gesmolten metalen tot gebruiksvoorwerpen is een zeer oude kunst, die teruggaat tot in het bronzen tijdperk. Wanneer we de geschiedenis der metallurgie nagaan, is het waarschijnlijk dat de eerste metalen waarover de primitieve mens kwam te beschikken, in gedegen vorm in de natuur voorkwamen (goud, zilver, koper). Al zeer spoedig echter werden koper en brons op primitieve wijze uit hun oxydische ertsen afgescheiden, en de zo verkregen metalen werden dan door gieten, soms gevolgd door hameren en andere bewerkingen, gevormd tot wapenen en voorwerpen voor religieus of huishoudelijk gebruik. We zien aldus dat gegoten koperen en bronzen artikelen reeds 3000 tot 4000 jaar v.C. vervaardigd werden, in verschillende streken.

De metallurgie van het ijzer heeft een geheel andere ontwikkeling doorgemaakt. Gedegen ijzer komt zeer weinig voor (meteorieten) en het smeltpunt van ijzer lag te hoog voor de toenmalige wereldbewoners, zodat de bereiding geschiedde door reductie tot metaal in vaste of deegachtige toestand. Dit metaal, geheel doortrokken van slakken, werd door herhaaldelijk uitsmeden aaneengeweld tot staven, waarbij de ingesloten slak tevens uitgeperst werd. Eerst bij de latere ontwikkeling der ovens slaagde men erin, vloeibaar gietijzer te verkrijgen. Het oudste bekende gietijzer stamt uit China, ca. 500 v.C. In Europa zien we de grote technische ontwikkeling van de ijzergieterij beginnen tegen het einde der Middeleeuwen. Gietstaal, dat door zijn laag koolstofgehalte een ca. 350 °C hoger smeltpunt heeft (boven 1500 °C), kon eerst omstreeks het begin der 19e eeuw bereid worden, terwijl de moderne roestvrije en vuurvaste, hooggelegeerde staalsoorten eerst in de laatste 30 jaren hun enorme vlucht zijn begonnen, evenals het aluminium, het magnesium en hun legeringen.

Het aantal gebruikte legeringen is vooral de laatste tijd zeer sterk toegenomen, en wat betreft de smelt- en gietmethodes is hetzelfde het geval. De kroesoven, waarin het materiaal in een kroes wordt gesmolten, de vlamoven, waarin de brandende gassen over het materiaal strijken, en de schachtoven, waarin erts en kool samen worden ingevoerd aan de bovenzijde terwijl onderin de voor de verbranding vereiste lucht wordt ingeblazen en tevens metaal en slak worden afgetapt: deze ovens zijn in de loop der eeuwen verder ontwikkeld tot de geperfectionneerde apparaten die we nu kennen, maar waren ook bij onze verre voorouders bekend. Nieuw zijn de electro-ovens, waarbij de invoering van de lichtboogoven sterk gestimuleerd werd door de eerste wereldoorlog, terwijl de hoogfrequentieoven, die omstreeks de dertiger jaren zijn intree in de industrie deed, nog slechts een zeer gering deel der productie voor zijn rekening neemt, en wel voornamelijk die van de hooggelegeerde staalsoorten. De laagfrequentie-inductieoven daarentegen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

heeft een zeer ruim toepassingsgebied veroverd bij de smelterij van messing en brons. Aluminium- en magnesiumlegeringen worden zeer veel in electrische stralingsovens gesmolten.

Het gieten in zandvormen

En nu de eigenlijke gietmethodes. Oorspronkelijk werd in zand of leem een model afgedrukt en de zo ontstane holte werd gevuld met het gesmolten metaal. Al spoedig echter werd gietwerk gemaakt in gesloten vormen: twee kasten met zand gevuld, waarin een meestal houten model werd gelegd, zodat voor een deel in de onderkast en voor een deel in de bovenkast een holte werd gevormd (*fig. 1*). Dan werd de bovenkast afgenomen, het model verwijderd, en de bovenkast weer op de onderkast geplaatst. In de bovenkast werd een kanaal (inloop of tap) gemaakt en hierdoor werd het metaal ingegoten, dat dan na stolling uit de vorm werd verwijderd, waarna de tap werd afgesneden. De ingesloten lucht in de vorm, en de waterdamp en gassen die bij het ingieten uit het vormmateriaal vrijkomen, ontsnappen door de poreuze vormmassa.

Op deze wijze kon men samengestelde gietstukken produceren, en deze techniek is in de loop der eeuwen meer en meer volmaakt tot het moderne zand- of leemgietwerk, waarbij, door allerlei kunstgrepen, ook de ingewikkelde machinedelen kunnen worden gegoten die de basis vormen van onze machinebouw. Aan de maatnauwkeurigheid kan men echter geen al te hoge eisen stellen, om twee redenen. De eerste is, dat het niet mogelijk is de verschillende kasten na het uitnemen van het model weer zo op hun plaats terug te zetten dat zij niet ten opzichte van elkaar iets verschoven zijn; de tweede is, dat het model uit het zand genomen en hiertoe eerst losgeklopt of -getrild moet worden, waardoor de vorm iets andere maten heeft dan het model zelf. Een beperking voor de vormgeving is, dat de vorm „lossend" moet zijn: het model mag geen uitstekende gedeelten hebben, waardoor het niet

Fig. 1. Onder- en bovenkast van een zandvorm. Het houten model is ernaast te zien. In de bovenkast ziet men het kanaal voor het ingieten van het metaal. (Deze foto, genomen in de Machinefabriek Reineveld te Delft, werd ons verschaft door het Gieterijcentrum, T.N.O.)

uit het zand genomen zou kunnen worden. Toch is het verbazingwekkend te zien hoe men door het inzetten van losse „kernen" van zand, die later in de vormholte worden vastgezet, ingewikkelde gietstukken kan maken. De vorm voor het motorblok van een automobiel bijv. wordt uit een groot aantal (soms meer dan 50) zandstukken opgebouwd. Daarbij worden aan het „zand" allerlei bindmiddelen toegevoegd (klei, olie, cement en talloze andere) ten einde aan alle eisen van sterkte, porositeit (voor het afvoeren van gassen en waterdamp bij het gieten, zie boven) en oppervlaktegesteldheid te voldoen.

Permanente vormen

Hoe interessant deze ook is, we willen ons niet verder met de „zandgieterij" bezig houden, maar

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

naar andere methodes zien. Een der oudste werkt met permanente vormen, die meer dan één maal dienst kunnen doen. Reeds de primitieve volkeren maakten gebruik van dergelijke vormen in steen uitgehouwen, en deze techniek ontwikkelde zich tot metalen vormen, die nog op zeer grote schaal toegepast worden. Allereerst voor het gieten van blokken, die dan later door hameren, smeden, walsen enz. worden verwerkt tot plaat, staaf, strip en draad en die dus het uitgangsmateriaal zijn van onze gehele metaalverwerkende industrie. Zeker 90% van de tegenwoordig door de industrie verbruikte metalen worden zo verwerkt en voeden de metaalbewerkingsmachines, en slechts een klein gedeelte der totale metaalhoeveelheid wordt direct tot vormwerk gegoten. Permanente vormen van metaal worden echter ook toegepast voor het maken van gebruiksvoorwerpen. Men spreekt van coquillegietwerk als het metaal met een lepel in de vorm wordt gegoten, en van spuitgietwerk als het metaal onder (meestal hoge) druk in de vorm, hier dan matrijs genoemd, wordt gebracht (*fig. 2*). Het coquillegieten is een oude techniek, de spuitgieterij stamt uit deze eeuw van massaproductie [1]). Vooral kleine onderdelen van gemakkelijk smeltende materialen worden zo in grote series vervaardigd. Als voorbeeld noemen we allerlei auto-onderdelen van zinklegeringen, van de ingewikkelde carburator tot de radiatorgrille en de deurknoppen; voorts wordt veel aluminium- en messingspuitgietwerk vervaardigd. Maar hier komt al spoedig een beperking: metalen met hoger smeltpunt kan men practisch niet verwerken, daar de matrijs niet de temperatuursveranderingen bij het inspuiten kan volgen en dan spoedig beschadigd is.

[1]) Zie bijv.: Die casting for engineers, The New Jersey Zinc Co. 1946.

Naast deze verwerkingsmethodes zijn er de laatste tijd twee andere naar voren gekomen: de eerste is het zg. Croning-procédé (C-process, shell mould casting), de tweede is de methode van het „verloren wasmodel", ook wel precisiegieten genoemd (lost wax process, moulage à cire perdue).

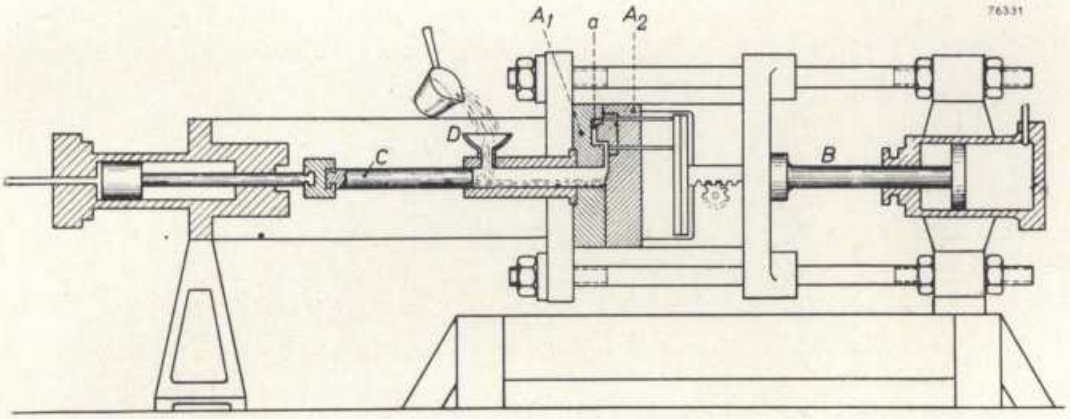


Fig. 2. Machine voor spuitgieten. A_1 en A_2 zijn de twee delen van de stalen vorm. Het losse deel wordt door de hydraulisch bewogen houder *B* tegen het vaste deel gedrukt, terwijl de hydraulisch bewogen zuiger *C* het door de trechter *D* ingegoten vloeibare metaal in de holte *a* van de vorm perst. (Volgens „Designing for Alcoa die castings", Alum. Co. of Amer., Pittsburgh 1948.)

Het Croning-procédé

Het Croning-procédé is nieuw en stamt uit Duitsland, waar het tijdens de laatste wereldoorlog is uitgevonden, maar het wordt thans vooral in de Verenigde Staten zeer gepropageerd [2]). Het berust op het volgende principe (vgl. *fig. 3*). Een

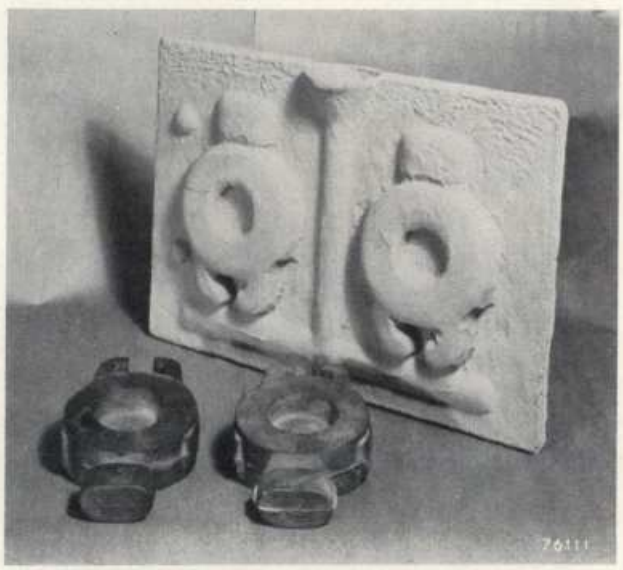


Fig. 3. Helft van een vorm voor het Croning-procédé. De twee helften van de vorm worden gemaakt door een mengsel van fijn zand en kunstharspoeder op een verhit metalen model te strooien. Ervóór de met zulk een vorm gegoten gietstukken. (Ontleend aan K. Rose, Materials and Methods, Jan. 1953.)

[2]) Field Information Agency, Technical, Final Report 1168, „C"-process of making moulds and cores for foundry use. R. W. Tindula, Foundry, Cleveland, **80**, 201-210, 1952 (No. 7).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

metalen model wordt in twee helften gedeeld, en elke helft wordt op een vlakke plaat gemonteerd. De platen worden verhit op ca. 250 °C en dan geklemd op een bak met vormpoeder. Dit poeder is een droog mengsel van fijn zand met een kunstharspoeder. Nu wordt de bak met de erop bevestigde plaat omgedraaid, het poeder valt op de hete vorm, de kunsthars smelt en plakt de zandkorrels aaneen. Na enkele minuten wordt de bak weer teruggedraaid en de vormplaat, waarop een korst ter dikte van ca. $\frac{1}{2}$ cm aaneengeplakte zandkorrels is gevormd, wordt van de bak afgenomen en verhit. De hars-zandkoek wordt door de verwarming hard en kan na enige tijd in haar geheel van het model worden afgenomen. Twee van deze koeken worden op elkaar bevestigd en omsluiten zo de gietholte, die men met het vloeibare metaal kan vullen. Hierbij wordt de vorm zo heet dat na stolling van het metaal de hars grotendeels ontleed is, zodat de resten van de vorm gemakkelijk verwijderd kunnen worden. Door het fijne zand krijgt men een scherpe afdruk met goed detail, en het proces is zeer geschikt voor de massaproductie van kleine voorwerpen. Vooral in de Verenigde Staten wordt er zeer hard aan gewerkt de techniek te vervolmaken; vele bedrijven werken aan de toepassing ervan voor de meest uiteenlopende producten van ijzer en van andere metalen, en ook van hooggelegeerde staalsoorten, bijv. voor onderdelen van gasturbines.

Gieten met het verloren wasmodel

Het laatste procédé, dat we hier wat uitvoeriger behandelen daar in ons bedrijf een onderzoek is ingesteld naar de toepassingsmogelijkheden, is het gieten met het „verloren wasmodel". Het procédé zelf is zeer oud. De Soemeriërs en de Egyptenaren

76001

Fig. 4. Bronzen beeldje, Oud-Egyptisch (uit de collectie van Dr. A. F. Philips te Eindhoven). Het beeldje is ca. 15 cm hoog. Deze beeldjes werden gegoten volgens de methode van het verloren wasmodel. In opgegraven werkplaatsen heeft men ook resten van wasmodellen gevonden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

pasten het reeds 3000 v. C. toe. Zij vervaardigden kunstvoorwerpen van was, deze werden dan omgeven door natte klei, waarin een opening was gelaten. Nu werd de klomp klei gedroogd en vervolgens verhit, waardoor de was uitsmolt; in de ontstane holte werd het gesmolten metaal gegoten. Vele bronzen beeldjes en kunstvoorwerpen die aan Farao meegegeven werden op de reis naar het dodenrijk, zijn op deze wijze vervaardigd [3]) en geven blijk van grote kunstzin en van een uitstekend beheersen der techniek (*fig. 4*).

De grote waarde van dit procédé voor de beeldende kunst wordt duidelijk als men het vergelijkt met de vormgeving door houwen in steen. De vrije vormgeving in het wasmodel, het gemak waarmede men gladde oppervlakken en fijne details kan weergeven, ten slotte de mechanische sterkte van het in metaal gegoten werk en de mogelijkheid om het wasmodel, dat bij het gieten verloren gaat (vandaar de naam), zelf met een schabloon of mal te vormen en daardoor een kunstwerk in een reeks exemplaren uit te voeren — dit alles deed in vele gevallen de kunstenaars de voorkeur geven aan het metaalgieten boven het werken in marmer, steen, aardewerk, enz.

Voor het maken van bronzen beelden is deze techniek dan ook door de eeuwen heen in gebruik gebleven. Zij heeft o.a. een hoogtepunt bereikt in de Italiaanse Renaissance. Vasari geeft in de proloog van zijn bekende kunstenaarsbiografieën (1550) een gedetailleerde beschrijving van de techniek. Ook Benvenuto Cellini (1500-1571), de goudsmid-beeldhouwer, die beroemd geworden is door de prachtige bronzen beelden, ook van grote afmetingen, die hij zo vervaardigde (*fig. 5*), heeft de door hem toegepaste werkwijzen uitvoerig te boek gesteld [4]).

Maar buiten de gieters van kunstvoorwerpen waren het de laatste vijftig jaar alleen de tandartsen, die voor hun patienten gebruik maakten van wasafdrukken, welke als model dienden voor het maken van gouden gietstukjes die zovele monden sieren. Eerst omstreeks 1930 vond het procédé enige toepassing in de bijouterie-industrie, maar in het groot werd het procédé omstreeks 1940 ingevoerd,

Fig. 5. De bronzen Perseus met hoofd van Medusa, van Benvenuto Cellini, in de Loggia dei Lanzi te Florence (voltooid 1545). Het beeld toont een grote fijnheid van detail, mogelijk gemaakt door het gieten volgens de methode van het verloren wasmodel. (Dit cliché hebben wij te danken aan A. Oosthoek's Uitg. Mij, Utrecht.)

toen de gasturbine haar intrede in de luchtvaart deed. Aan de schoepen der gasturbines (*fig. 6*) worden de hoogste mechanische en thermische eisen gesteld, en de nieuw ontwikkelde materialen, waaruit zij gemaakt werden, waren moeilijk bewerkbaar. Gieten met het verloren wasmodel gaf hier uitkomst, en aan het eind van de oorlog was er zelfs één Amerikaanse fabriek met een maandproductie van twee millioen schoepen. Geen wonder dat na dit succes het procédé ook voor andere technische producten werd beproefd en thans in vele landen, zij het nog op bescheiden schaal, wordt

---

[3]) Zie bijv.: H. Garland en C. O. Bannister, Ancient Egyptian Metallurgy, Griffin, Londen 1927.
G. Roeder, Die Herstellung von Wachsmodellen zu ägyptischen Bronzefiguren, Z. ägypt. Sprache und Alt. **69**, 45-67, 1933.
V. Gordon Childe, The technique of prehistoric metalwork, Antiquity **22**, 29-33, 1948.

[4]) G. Vasari, Le vite de' più eccellenti architetti, pittori e scultori, Florence 1550.
B. Cellini, Trattati dell' oreficeria e della scultura, Panizzi en Peri, Florence 1568.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

toegepast [5]). Ook bij Philips is enkele jaren geleden een afdeling tot het bestuderen en in practijk brengen van deze giettechniek in het leven geroepen. De foto's *fig. 7 a* en *b* geven een indruk van wat hier zoal aan onderdelen wordt gemaakt.

We willen ons thans verder bezig houden met deze techniek in haar tegenwoordige industriële vorm, waarbij het dus niet gaat om het maken van kunstvoorwerpen maar van machineonderdelen, en meer speciaal om het maken van seriegietstukken.

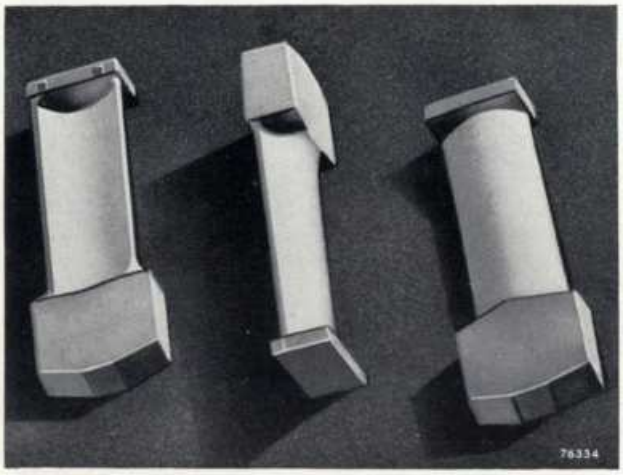


Fig. 6. Schoepen voor gasturbine, gegoten van een hittebestendige legering volgens het procédé van het verloren wasmodel. De schoepen zijn ca. 4 cm lang. (Ontleend aan A. E. Focke, Metal Progress, Sept. 1945.)

De gang van zaken is daarbij als volgt. Voor elk te gieten exemplaar wordt eerst een wasmodel gemaakt; deze wasmodellen worden gemonteerd tot „wasboompjes", waarvan de stam later dient voor het ingieten van het metaal. Het „boompje" wordt gemonteerd op een plaat met was bedekt, en een bus zonder bodem of deksel wordt er omheen gezet en aan de wasplaat vastgesmolten. De zo gevormde bus zonder deksel wordt gevuld met een brijachtige, keramische massa, die na enige tijd vast wordt. Nu wordt de bus met inhoud verwarmd, de bodem smelt los en wordt verwijderd, de was smelt en loopt uit de vorm, die dan gedroogd en gebrand wordt, waarna de holte wordt gevuld met het gesmolten metaal. Na afkoelen wordt de vorm stukgeslagen, de gietstukken worden van het boompje afgezaagd, schoongemaakt en eventueel nabewerkt.

Na deze inleidende beschrijving zullen we de verschillende stappen van het proces wat nader bezien, en daarna nagaan, welke de voordelen en de beperkingen van het procédé zijn en waardoor deze worden veroorzaakt.

Het maken van het wasmodel

Voor het maken van het wasmodel hebben we een metalen mal of matrijs nodig, die we vullen met vloeibare was en na het vast worden van de was openen om het wasmodel eruit te kunnen nemen. Het wasmodel kan ook uit verschillende delen worden samengesteld, die met afzonderlijke mallen worden gemaakt en dan eenvoudig met een niet te hete soldeerbout aan elkaar worden gezet. Alleen voor elk deel van het wasmodel geldt nu nog de voorwaarde dat het lossend moet zijn, maar door geschikte onderverdeling van de wasmal kan men ook deze laatste beperking van de vormgeving elimineren (door fig. 8 en 9 wordt een en ander verduidelijkt).

Een mal, die meestal uit twee helften bestaat (voor ingewikkelde wasmodellen soms uit nog meer gedeelten), kan men maken van staal of messing langs de normale fabricageweg. Een andere methode is, uit te gaan van een zg. moedermodel, een metalen uit de hand gemaakt model van het te gieten voorwerp: we omgieten dit met een metaal van laag smeltpunt (liefst een legering van bismuth en tin, die bij het stollen nagenoeg niet in afmetingen verandert), waarbij we zorg dragen het omgieten in twee trappen te doen, eerst de onderhelft, dan de bovenhelft, zodat de mal geopend kan worden (*fig. 8*). Daarna worden de twee helften verpend en een wastoevoer ingeboord. Deze methode is vooral aantrekkelijk voor onregelmatige vormen, zoals gasturbineschoepen, maar de bismuth-tinlegering is nogal bros, zodat beschadiging veel voorkomt en de scherpe randen van de wasmal spoedig uitbrokkelen. Daarom maakt men de mallen toch dikwijls volgens de eerstgenoemde methode, dus van messing of staal (*fig. 9*). Het eerste is gemakkelijk te bewerken maar nogal zacht, terwijl staal het bezwaar van roesten heeft en moeilijker bewerkbaar is. Hoe beter afgewerkt de wasmal is, des te beter is het wasmodel en dus ook het later geproduceerde gietstuk. Men kan dus beter wat meer besteden aan de wasmallen, wil men kwaliteitsproducten maken.

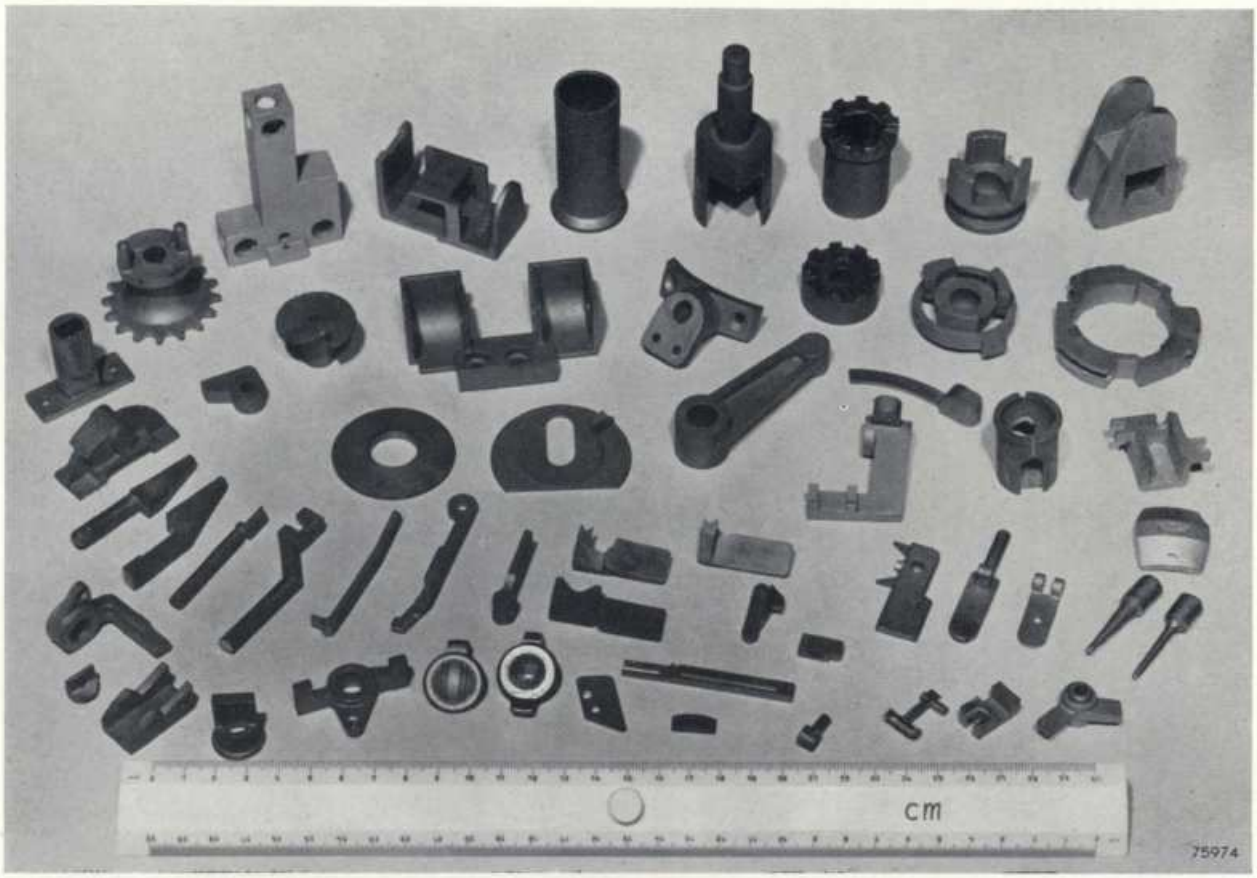
Een der moeilijkheden die bij kunstgietwerk niet, maar bij technisch gietwerk dadelijk naar voren komen, is gelegen in het feit dat het uiteindelijke product niet exact de afmetingen heeft die door de wasmal zijn gegeven; men vindt een zekere krimp. De wasmal moet daarom ca. 1 tot 2 % groter zijn dan het eindproduct. Helaas is de krimp niet

[5]) L. G. Daniels, Great savings in replacing complex assemblies by a single investment casting, Metal Progress **56**, 490-491, 1949.
R. L. Wood en D. V. Ludwig, Precision investment castings replace parts produced by other methods, Materials and Methods **32**, 49-53, 1950.
R. Miller, Investment casting, money saving mass producer, Steel 14 Jan. 1952.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

a



b

Fig. 7. *a*) en *b*). Een keuze uit de reeks werkstukken en onderdelen die in de afdeling voor precisiegieten van het Philips-laboratorium te Eindhoven zijn gegoten. Geen der afgebeelde stukken is nabewerkt. Men lette op de grote vrijheid van vormgeving en de gladde oppervlakken. De stukken zijn uit de meest uiteenlopende legeringen gegoten.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

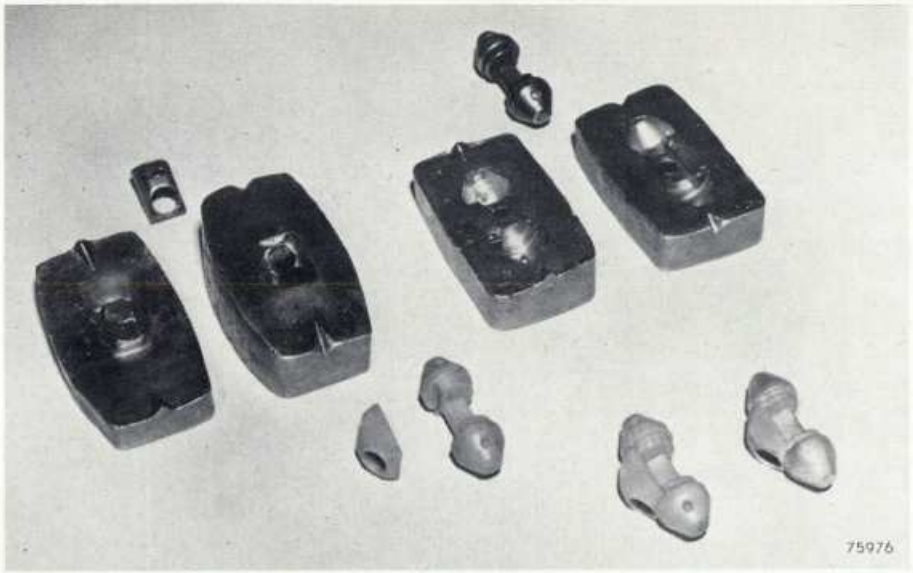


Fig. 8. Wasmal van bismuth-tinlegering. Bovenaan het met de hand gemaakte moedermodel, dat hier in twee stukken is gesplitst. Daaronder: onder- en bovenhelft van ieder der beide mallen, die door omgieten van de beide moedermodelstukken met de gesmolten bismuth-tinlegering zijn vervaardigd. Vervolgens twee wasmodellen die met deze beide mallen zijn gemaakt, en een compleet wasmodel dat door aan elkaar smelten van twee zulke modellen is verkregen. Ten slotte rechts onderaan een met zulk een wasmodel gemaakt gietstuk (aluminium).

gelijkmatig in alle richtingen en moet dus dikwijls empirisch bepaald worden, hetgeen correcties aan de wasmal of aan het moedermodel noodzakelijk maakt. Wanneer de maten zeer nauwkeurig moeten zijn, zoals bijv. bij turbineschoepen, gaat men meestal als volgt te werk: men maakt een moedermodel, hiervan een wasmatrijs en hieruit een proefserie wasmodellen, die geheel normaal wordt verwerkt tot schoepen. Aan de hand van de verkregen resultaten bepaalt men of men het moedermodel kan corrigeren dan wel een nieuw model moet vervaardigen, en maakt dan een tweede en zo nodig een derde serie, totdat aan de eisen is voldaan, waarna de productie kan beginnen.

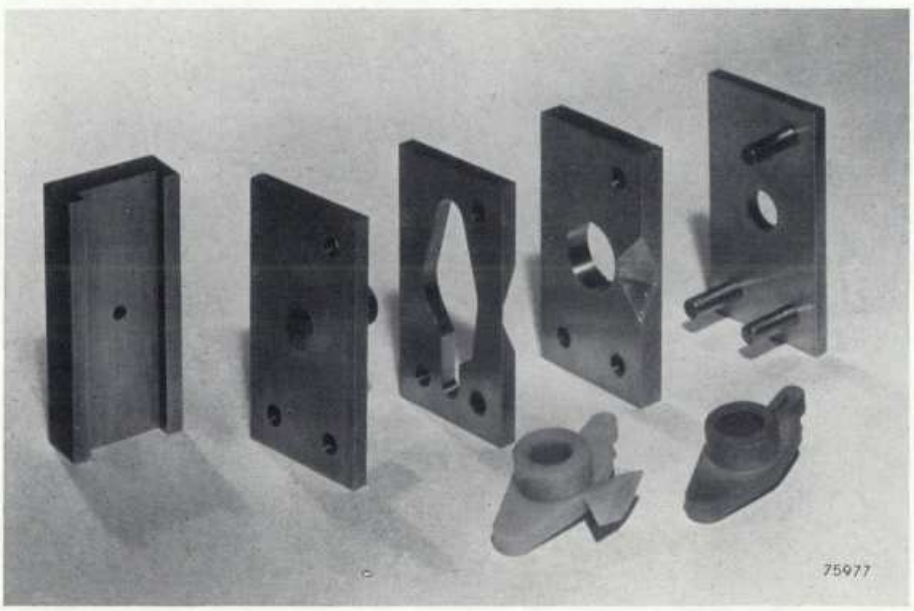


Fig. 9. Meerdelige wasmal van messing („exploded view"). Ervóór ziet men een met de mal gemaakt wasmodel (met gietloop) en een gietstuk (chroomstaal).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De waspersen, die de was uit een reservoir in de mallen persen (*fig. 10*), bevatten meestal een electrische, regelbare verwarming, waardoor een gelijkmatige temperatuur wordt verkregen. Zij zijn dikwijls aangesloten op de normale persluchtleiding van 4 tot 5 atmosfeer druk.

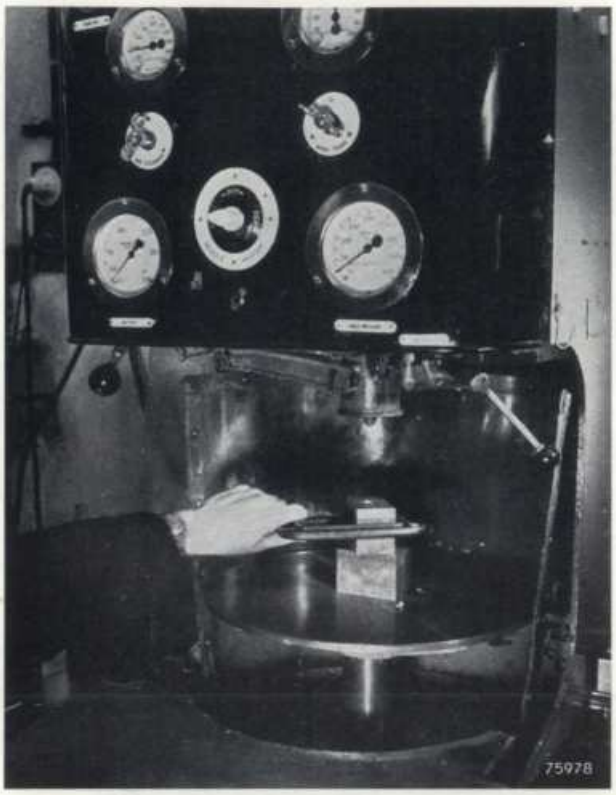


Fig. 10. Waspers. De op een hydraulisch bewogen tafeltje geplaatste wasmal, welker beide helften stevig op elkaar zijn geklemd, wordt straks omhooggebracht en met haar opening tegen de spuitkop gedrukt, waarna zij onder een druk van enige atmosferen met was uit een verwarmd reservoir wordt volgespoten.

De te gebruiken was is meestal een mengsel van verschillende was- en paraffinesoorten; dit wordt zorgvuldig samengesteld om een reproduceerbaar product te krijgen. De was mag bij het stollen en verder afkoelen niet te veel krimpen en moet in koude toestand hard zijn, anders zouden de modellen reeds voor het omgieten uitzakken. In plaats van was worden ook wel andere stoffen toegepast, in de eerste plaats plastica (voornamelijk polystyreen), indien zeer grote series gemaakt worden [6]). Dit materiaal is zoveel sterker dat de ervan vervaardigde modellen niet gemakkelijk breken, maar het moet onder zeer hoge druk in de mal worden geperst. Men moet dus van de eenvoudige wasmallen, die van 5 tot 50 atmosfeer druk kunnen verdragen, overgaan op matrijzen van gehard staal en op spuitpersen, waarbij met drukken van enkele duizenden atmosferen kan worden gewerkt. Na het omgieten wordt het plastieken model uit de vorm verwijderd door uitbranden.

Daarnaast wordt in enkele fabrieken in plaats van was of een plasticum ook bevroren kwik toegepast. Hierbij moet men dus bij —40 °C werken (beneden het smeltpunt van kwik), hetgeen technisch blijkbaar opgelost is. Het voordeel dat volgens de uitvinder deze methode bezit, is een zeer fraaie scherpe afdruk van de (stalen) mal, gevolg van de goede vulling van de mal door het kwik, dat bij het ingieten geheel vloeibaar blijft, en van de kleine stollingskrimp van het kwik [7]).

Het maken van de gietvorm

Het samenbouwen der wasmodellen aan de gietlopen (het bouwen van het wasboompje dus) is vrij eenvoudig uitvoerbaar met behulp van een soldeerbout (*fig. 11*). In vele gevallen kan men de wasmal zo construeren dat de inloop (aansnijding) van het gietstuk reeds meegevormd wordt, en voor kleine, eenvoudige voorwerpjes kan men de wasmallen voorzien van een aantal holten, zodat men met één wasinspuiting een aantal wasmodellen maakt. Overigens gelden hier overeenkomstige eisen als bij het maken van zandgietwerk: het metaal moet later zo geleidelijk mogelijk in de vorm kunnen stromen, zonder plotselinge vernauwingen of richtingsveranderingen, die de geleidelijke vulling van de vorm met het metaal zouden hinderen.

Nadat het boompje op een plaat is bevestigd en hieromheen een losse bus is gezet, moet deze gevuld worden met de vormmassa (investering, *fig. 12*). Dit is een brijachtige massa, die om de wasmodellen heen wordt gegoten en dan na enige tijd vast wordt of versteent. Als de vorm versteend is, wordt de losse bodem verwijderd en de vorm verwarmd. Doel hiervan is, de vorm te drogen en de was uit te smelten. Hiertoe is een betrekkelijk lage temperatuur voldoende. Later, als het grootste deel van het vocht is verdampt, wordt de temperatuur langzaam opgevoerd om ook de resten vocht uit te drijven en de resten was in de vorm te verbranden. Men gaat hierbij tot 1000-1100 °C.

Voor het bereiden van de vormmassa heeft men velerlei materialen gebruikt. Zo kan men gips toepassen, al dan niet gemengd met kwartspoeder of andere vuurvaste massa's. Zeer veel gebruikt worden suspensies van kwartspoeder en gemalen

[6]) W. H. Sulzer, Das Präzisionsgussverfahren, Neue Giesserei **37**, 557-565, 1950.

[7]) W. I. Neimeyer, Precision casting with frozen mercury patterns, Iron Age **163**, 94-97, 1949.
H. Chane en L. T. Schakenbach, New precision casting process, Materials and Methods **29**, 52-56, 1949.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vuurvaste producten, met als bindmiddel kiezelzuur. Dit zet na enige tijd de vloeistof om in een geleiachtige massa, die de gesuspendeerde deeltjes aaneenbindt tot een vrij stevige massa. Als uitgangsmateriaal wordt dan meestal aethylsilicaat genomen, dat bij ontleding omgezet wordt tot kiezelzuur en aethylalcohol, en ook gaat men wel uit van de goedkopere alkalisilicaten. Soms wordt gebruik gemaakt van de reactie van Sorel, die berust op de inwerking van magnesiumoxyde (vrijwel onoplosbaar) op phosphorzuur of zure phosphaten; hierbij ontstaan in de loop van enkele uren basische magnesiumphosphaten, waarbij veel water gebonden wordt, zodat de brij vast wordt.

Met dergelijke materialen slaagt men er in, een niet te dikke brij te verkrijgen, die bij het „investeren" de wasmodellen geheel omvat en die, nadat de ingesloten luchtbellen zijn ontsnapt, vast wordt. Bij het drogen verdwijnt het water, en nu gaat het er om, hierbij zo weinig mogelijk krimpen of vormveranderingen te krijgen. Daarom wordt de bus met de nog vloeibare massa meestal eerst in een vacuum gebracht (*fig. 13*), waardoor de ingesloten luchtbellen groter worden en dus gemakkelijker en sneller omhoog komen, en vervolgens getrild op een triltafel (fig. 12). Hierbij zakken de vaste deeltjes in de massa uit en verkrijgt men een dichte stapeling der korrels, voordat de omringende vloeistof dik en geleiachtig wordt. Gaat men een dergelijke vorm drogen en daarna verhitten (branden), dan rusten de grove korrels tegen elkaar en krimpt de vorm dus vrijwel niet. Wel ontstaan er in de tussenruimten waar de korrels elkaar niet raken, holten, en de vorm wordt zo dus hard en poreus.

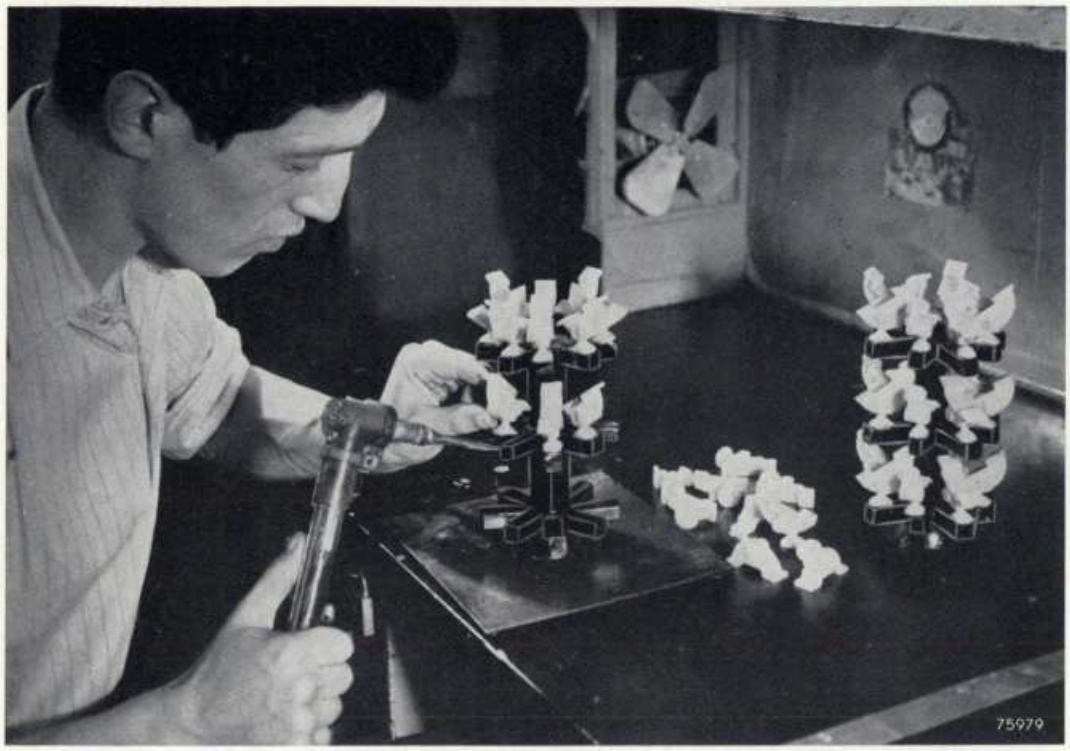


Fig. 11. Het bouwen van een wasboompje. De gietlopen, die straks in de vorm de gangen zullen opleveren waardoor het metaal naar binnen stroomt, zijn van te voren gevormd (geraamte van donkere was). Met behulp van een soldeerbout wordt een groot aantal wasmodellen hierop vastgesmolten. Rechts is een reeds voltooid wasboompje te zien.

Vóór men de vormmassa in de bussen brengt, moet men nog zorgen voor een dunne, weinig poreuze laag, direct om het wasmodel. Immers, bij het ingieten van het metaal zou dit in de vrij grote poriën van de gebrande vormmassa dringen, en dit moet vermeden worden. Maakt men de massa zo fijn van korrel dat er geen metaal kan tussendringen, dan zou de porositeit te klein worden en de ingesloten lucht en gassen zouden niet snel genoeg kunnen ontwijken. Daarom brengt men, door dompelen of spuiten, op het wasmodel een dun laagje zeer fijn vuurvast materiaal aan, dat dicht genoeg is om indringen van het metaal te voorkomen en toch voldoende doorlatend om de gassen snel te laten ontsnappen. Daarna eerst wordt de vorm gevuld en getrild, en vervolgens, zoals reeds vermeld, de was verwijderd en de vorm gebrand.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het vullen van de vorm met metaal

Na het branden kan de vorm met metaal gevuld worden. Liefst houdt men de vorm zo warm mogelijk; hierdoor zal het inlopende metaal niet plaatselijk tegen de vormwand stollen, maar eerst de vorm vullen. Het resultaat is dat men gietwerk met veel kleinere wanddiktes kan maken dan wanneer men in koude vormen giet. Voor dikwandig gietwerk heeft het weer bezwaren, want dan duurt de stolling te lang en krijgt men een gietstuk van zeer grove structuur, dat in het algemeen slechte mechanische eigenschappen heeft.

Om de vorm te vullen, kan men het gesmolten metaal er eenvoudig in gieten, maar het is beter dat proces te versnellen, wederom met het oog op eventueel voortijdig stollen van het metaal op sommige plaatsen. Hiervoor kunnen verschillende methodes worden toegepast, nl. persen op de kolom vloeibaar materiaal, afzuigen van de poreuze vorm, of centrifugeren van de vorm. Hiermede hangt samen de te volgen smeltmethode voor het metaal.

Fig. 12. Het in een bus geplaatste wasboompje wordt omgoten met de brijachtige vormmassa („investering"). Een aantal bussen, ten dele reeds volgegoten, staan hier op een triltafeltje bijeen.

Fig. 13. Vóór het trillen worden de luchtbellen uit de vormmassa verwijderd, door een vacuumklok over de bus te zetten en deze een tijdlang op een vacuumpomp aan te sluiten.

Voor metalen met laag smeltpunt, zoals aluminium en magnesium, kan men, daar de smelt in het algemeen niet boven 700 °C komt, practisch elk oventype toepassen. Zelfs kan men, evenals bij spuitgieten gebruikelijk is, een grote hoeveelheid metaal tegelijk smelten en de verschillende vormen met een gietlepel vullen. Voor ijzer en staal ligt de smelttemperatuur zo hoog dat men wel tot speciale ovens moet overgaan. Algemeen worden twee types toegepast, de lichtboogoven en de hoogfrequentieoven.

Bij de eerstgenoemde (*fig. 14*) smelt men in een vuurvaste kroes, die een flesvormige smeltruimte omsluit. Door de hals wordt gechargeerd. In de smeltruimte monden twee grafietelectrodes uit, waartussen een lichtboog wordt getrokken. De straling wordt door de wanden teruggekaatst naar het te smelten materiaal, en de hals moet nauw zijn om het stralingsverlies naar buiten tegen te gaan. Met een dergelijk oventje kan men 1 tot 3 kg metaal smelten, juist genoeg voor één gietvorm zoals in de tegenwoordige practijk van het gieten met verloren wasmodel wordt gebruikt. Deze vorm wordt dan ondersteboven op het oventje gezet en vastgeklemd, waarna men oven plus gietvorm om een horizontale as 180° laat draaien. Het gesmolten metaal loopt in de vorm, en door het oventje daarna aan te sluiten aan een persluchtleiding kan men het metaal in de vorm nadrukken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Voor het hoogfrequent smelten is de oven iets eenvoudiger van model. Hierbij wordt de kroes omgeven door een met water gekoelde koperen spiraal, waardoor een hoogfrequente wisselstroom

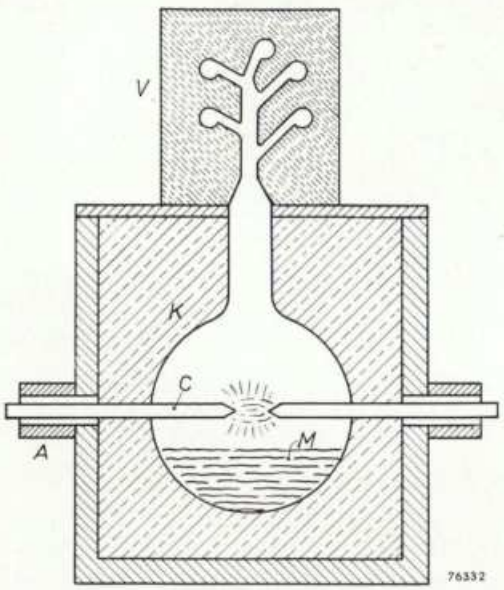


Fig. 14. Schematische doorsnede van een lichtboogoventje. Het metaal *M* onderin de flesvormige kroes *K* wordt door de straling van de boog tussen de beide horizontale koolspitsen *C* tot het smeltpunt verhit. Een gietvorm *V* is omgekeerd op de opening van het oventje vastgeklemd. Door kantelen van het geheel om de as *A* wordt de vorm volgegoten.

geleid wordt (*fig. 15* en *16*). Door inductiestromen wordt het metaal in de kroes verhit en gesmolten. De installatie is in het algemeen kostbaarder dan

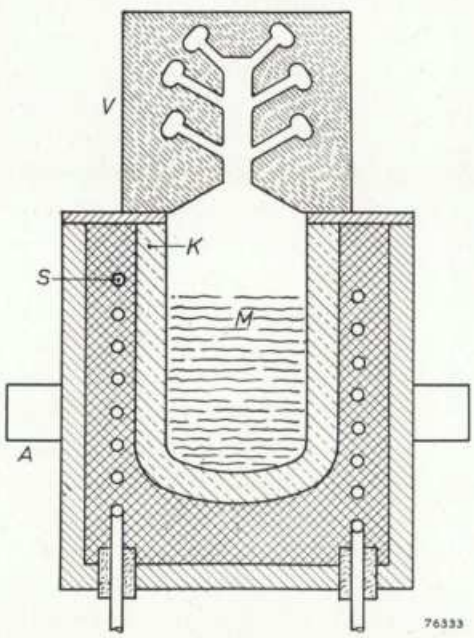


Fig. 15. Schematische doorsnede van een hoogfrequentieoventje. De kroes *K* is hier cylindrisch. De charge smelt door de wervelstromen die de hoogfrequente stroom, welke men door de spoel *S* stuurt, erin induceert. De wijde opening maakt het vullen van dit oventje gemakkelijk.

een lichtboogoven met toebehoren, maar de kroes kan cylindrisch zijn en kan dus gemakkelijk gevuld worden met grovere stukken dan de staafjes die door de hals van de lichtboogoven naar binnen gaan. Men kan hier dus ook afgesneden tappen en gietafval van vorige gietingen in de oven bijchargeren, en spaart dus materiaal. Bovendien heeft de lichtboogoven een soms ongewenste invloed, nl. de charge wordt iets verontreinigd door afspattende stukjes van de koolspitsen. Voor sommige materialen, bijv. niet-roestend staal, kan dit ongewenst zijn, daar geringe hoeveelheden koolstof reeds een zeer ongunstige invloed op de corrosievastheid kunnen uitoefenen.

Na het gieten en afkoelen wordt de vorm stukgeslagen, de giettappen worden afgezaagd of -gesneden, en de gietstukken schoongemaakt en afgewerkt. Meestal bestaat het afwerken uit zand- of staalstralen, terwijl het metaal zo nodig nu ook een warmtebehandeling kan ondergaan.

Voordelen en beperkingen van het gieten met verloren wasmodel

De zo vervaardigde voorwerpen zijn hiermede niet altijd gereed voor het gebruik: zij moeten nog dikwijls op de gebruikelijke manier door draaien, frezen, boren of slijpen bewerkt worden. Immers, de maattoleranties voor moderne machinedelen zijn dikwijls veel kleiner dan wat met dit procédé kan worden bereikt. Het is dan ook jammer dat de term „precisiegietwerk" er voor is bedacht, want precisie is een relatief begrip. Ten opzichte van normaal zandgietwerk echter is de maathoudendheid en de oppervlaktegesteldheid inderdaad zeer veel beter, en dit kan dan ook als een belangrijk voordeel van deze gietmethode worden beschouwd. Men rekent voor kleine maten, tot 50 mm, met toleranties van $\pm$ 0,2 of $\pm$ 0,1 mm, terwijl enkele fabrikanten $\pm$ 0,05 mm garanderen, maar dit gaat dan meestal door middel van een dure sorteermethode, waarbij het gedeelte van de productie dat buiten de maatgrenzen valt, wordt afgekeurd. Voor grotere maten, boven 100 mm, moet men meestal op een tolerantie van $\pm$ 0,3 mm tot $\pm$ 0,5 mm rekenen. Te verwonderen is dit eigenlijk niet; immers, de uiteindelijke afwijking wordt bepaald door de som van een aantal variabelen. Het wasmodel krimpt in de wasvorm, de afmetingen van de holte worden mede bepaald door de uitzetting van de was bij het uitsmelten, en door de maatveranderingen bij het drogen en branden van de vorm. De temperatuur van de gietvorm bij het ingieten en de temperatuur van het ingegoten metaal, de stollingskrimp en de krimp bij het afkoelen tot kamertemperatuur, al

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

of niet gehinderd door de weerstand van het keramische omhulsel — alles speelt mede om een maatvariatie te krijgen. Men kan deze wel verminderen door onder zo goed mogelijk constante omstandigheden van temperaturen en samenstellingen te werken, maar de reeds vermelde toleranties zijn technisch wel het uiterste dat men hier mag verwachten.

Fig. 16. Hoogfrequentieoventje met erop bevestigde gietvorm, tijdens het kantelen voor de gieting. Op de achtergrond de hoogfrequentiegenerator.

In de mechanische werkplaats eist men voor „precisiewerk" veel kleinere toleranties, van bijv. $\pm$ 0,005 mm of in speciale gevallen $\pm$ 0,002 mm, zodat men in deze werkplaatsen soms geneigd is het gietwerk als boerensmidswerk met verachting ter zijde te leggen. Maar indien men de zaak nauwkeuriger bekijkt, zal men bemerken dat deze hoge eisen nooit voor alle tekeningsmaten noodzakelijk zijn, en zal men zien dat men een op de bovenbeschreven wijze vervaardigd gietstuk dikwijls vrij gemakkelijk door enkele bewerkingen aan de eisen kan laten voldoen. Hier wordt het een kwestie van overleg tussen ontwerper, constructeur en gieter, en men kan dikwijls tot aanzienlijke besparingen komen door het gietstuk zo te maken dat het een combinatie van mechanisch bewerkte sub-onderdelen kan vervangen. Dit te meer daar bij mechanische bewerking voor elk der afzonderlijk vervaardigde sub-onderdelen extra strenge eisen moeten worden gesteld, indien men zeker wil zijn dat bij het samenbouwen de eindtoleranties niet te ruim worden; deze zijn in dit geval immers gelijk aan de som der toleranties der samenstellende stukken. Nu kan men beter één ingewikkeld gietstuk maken en dit door bewerking op de gevraagde eindmaten brengen.

Een tweede belangrijk voordeel van de beschreven gietmethode doet zich voor wanneer men voorwerpen wil maken die dunwandig moeten zijn. Zulke voorwerpen door mechanische bewerking uit een blok vormen, waarbij men dikwijls grote gedeelten door verspanen moet verwijderen, is in het algemeen een kostbare zaak, vooral indien men materialen moet toepassen die moeilijk verspaanbaar zijn. Dit is meestal het geval bij slijtvaste en ook bij vele corrosievaste legeringen, en dergelijke materialen komen in moderne constructies hoe langer hoe meer voor.

Het belangrijkste voordeel van het gieten met het verloren wasmodel en van de moderne gietmethodes in het algemeen is echter naar onze mening gelegen in het feit dat men thans allerlei legeringen kan toepassen die tot nu toe geen kans kregen. In de algemene machinebouw tracht men — terecht — zoveel mogelijk het aantal legeringen te beperken. Dit is zeer verklaarbaar, want wil men een legering als algemeen constructiemateriaal in een bedrijf gebruiken, dan moet er van dit materiaal een zekere hoeveelheid in voorraad liggen in het magazijn, en wel van verschillende afmetingen, om hieruit te kunnen putten. Geen wonder dat men dus geen gebruik kan maken, althans niet voor algemene toepassingen in één fabriek, van de honderden aluminiumlegeringen die bekend zijn, om nog maar te zwijgen van de ijzer- en koperlegeringen waarvan er nog veel meer zijn beschreven, en de uit de latere jaren stammende stroom van nieuwe alliages, waarin vrijwel alle metalen verwerkt kunnen zijn. Wel kan men voor één bepaalde toepassing een speciale legering nemen, bijv. koper met cadmium

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voor rijdraden voor de electrische tractie, maar voor algemeen gebruik zijn de meeste legeringen niet toegankelijk, en zoekt men het compromis met zoveel mogelijk te gebruiken wat aanwezig is. Dit kan thans anders bekeken worden: voor het maken van gietstukken kan men uitgaan van de elementen, of van een beperkt aantal voorlegeringen. Een gietstuk kan men dus gemakkelijk die samenstelling geven die het beste aan de gestelde eisen voldoet. Dit betekent dat men nu kan gaan toepassen wat in jaren van metallurgisch werken is ontwikkeld, maar niet in de practijk kon worden ingevoerd. Vele legeringen met speciale mechanische, physische, magnetische of electrische eigenschappen komen aldus ter beschikking van de algemene machinebouw.

Een instructief voorbeeld, waarbij naast het laatst besproken voordeel ook de „precisie" van het gieten met verloren wasmodel een rol speelt, zien wij in de toepassing van de stellieten: harde, zeer slijt- en corrosievaste en alleen door slijpen te bewerken legeringen, die omstreeks 1910 door Haynes en anderen ontwikkeld en beschreven zijn [8]). Men had tot dusverre niet de mogelijkheid hier veel mee te beginnen, want de ermee gegoten voorwerpen waren zo ruw en onnauwkeurig dat het nabewerken veel te kostbaar was. Met het procédé van het verloren wasmodel gaan zij een grote toekomst tegemoet, daar op deze wijze uit stelliet gegoten onderdelen practisch geen nabewerking behoeven.

Samenvattend mogen wij beweren dat de gietmethode met het verloren wasmodel de volgende mogelijkheden opent:

1) Het vervaardigen van in het algemeen kleine, maar ingewikkelde gietstukken in kleine of grote series. In vele gevallen kan men onderdelen van gereedschapsmachines vervaardigen die in één stuk verschillende functies kunnen verenigen. Voor metalen met laag smeltpunt is het spuitgieten een concurrent bij grote series (bijv. meer dan 2000 stuks), mits de vorm niet te ingewikkeld is; voor metalen met hoog smeltpunt kan het Croning-procédé (shell mould casting) van belang worden indien men eenvoudige werkstukken in grote series wil vervaardigen.
2) Men kan practisch zeggen dat elke legering die gesmolten kan worden, thans ook kan worden toegepast in klein vormgietwerk. Door het vervallen van noodzakelijke voorraden van verschillende afmetingen, nodig voor het verwerken van metalen langs mechanische weg, kan men aandacht besteden aan het uitzoeken van die legering welke het beste beantwoordt aan de eisen die aan het werkstuk worden gesteld. Deze eisen kunnen zijn van mechanische aard (slijtvastheid, corrosievastheid, hittevastheid, hardheid) of van physische aard (electrische en magnetische eigenschappen, uitzetting, warmtegeleiding).

Samenvatting. Na een zeer beknopt overzicht van de ontwikkelingslijnen van het metaalgieten, met het accent op het gieten in zandvormen en het gieten in permanente metalen vormen (o.a. coquillegieten en spuitgieten), worden twee moderne procédé's voor het gieten van kleine stukken beschreven, nl. het Croning-procédé (shell mould casting) en het gieten met verloren wasmodel (precisiegieten, lost wax process). Van het laatstgenoemde procédé, dat ook in Eindhoven sinds enige jaren wordt beproefd, worden een reeks details beschouwd. Het procédé is in feite oeroud doch heeft eerst sinds een tiental jaren ingang in de industrie gevonden. Het leent zich zeer goed voor het maken van ingewikkelde gietstukken en het toepassen van de vele legeringen met zeer speciale eigenschappen die uit het metallurgisch onderzoek der laatste decennia zijn voortgekomen. Daarbij is ook van belang dat de maathoudendheid en de oppervlaktegesteldheid der gegoten delen aanzienlijk beter is dan bijv. bij de klassieke zandvormgieterij.

---

[8]) E. Haynes, Amer. Octr. 873745, December 1907 (!).
E. Haynes, Alloys of cobalt with chromium and other metals, Ind. Eng. Chem. **5**, 189-191, 1913.
W. Oertel en E. Pakulla, Beitrag zur Frage der Kobalt-, Chrom-, Wolfram-(Molybdän)- Legierungen, Stahl und Eisen **44**, 1717-1720, 1924.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DE TROPOSFEER ALS MEDIUM VOOR DE VOORTPLANTING VAN RADIOGOLVEN, II

door H. BREMMER.

621.396.11:551.510.52

Van de zes door de schrijver onderscheiden afzonderlijke mechanismen volgens welke een radioverbinding op microgolven tot stand kan komen, bleef er in het eerste deel van zijn artikel één onbesproken, namelijk de verstrooiing van de golven. Aan dit verschijnsel is het gehele onderstaande tweede deel gewijd. Dat aan de verstrooiing zulk een grote plaats is ingeruimd, is gewettigd, niet zo zeer omdat aan dit effect in belangrijke mate radioverbindingen te danken zouden zijn — daarvoor is het te wisselvallig —, maar omdat het, in het microgolfgebied, veelal aansprakelijk is voor storingen door verafgelegen zenders. Het is dan ook uitermate belangrijk voor practische vraagstukken als het verdelen van golflengten over bestaande of toekomstige zenders en het bepalen van de minimale afstand waarop, ter vermijding van onderlinge storing, zenders met gelijke golflengte van elkaar verwijderd moeten zijn.

Verstrooiing door afwijkingen van de regelmatige structuur der troposfeer

Bij de voortplanting van microgolven door de troposfeer kan men een aantal geïdealiseerde gevallen onderscheiden, waarin de brekingsindex alleen afhangt van de hoogte boven het aardoppervlak. In het eerste deel van dit artikel [13]), dat hier verder als I zal worden aangehaald, hebben wij dit uitvoerig uiteengezet. Daarbij is gebleken dat het veld onder de horizon in het algemeen slechts door diffractie kan worden teweeggebracht.

Herhaaldelijk zijn echter beneden de horizon van een zender velden geconstateerd die veel te sterk waren om te kunnen worden verklaard door diffractie. De veranderlijkheid van deze velden duidt er reeds op dat men hier te maken heeft met afwijkingen van de gemiddelde regelmatige structuur van de troposfeer. Incidenteel bestaan dergelijke afwijkingen door het vóórkomen van vaste stoffen, in de vorm van vliegtuigen, vogels, insecten enz., maar deze geven geen verklaring voor de systematisch optredende fluctuerende velden die tot op enige honderden kilometers afstand van een microgolfzender worden waargenomen en o.a. bij televisieontvangst storend kunnen werken.

Dergelijke velden nu zijn toe te schrijven aan verstrooiing, dwz. aan locale variaties in de brekingsindex als gevolg van inhomogeniteiten op kleine schaal in de troposfeer. De verstrooiende werking daarvan is bij licht merkbaar aan het scintilleren van de sterren, dat zijn oorsprong voornamelijk schijnt te hebben in de onderste laag van de troposfeer. Het spreekt vanzelf dat ook de radiogolven deze verstrooiing ondergaan. Uit een theorie van Booker en Gordon [14]) is gebleken dat de orde van grootte der boven bedoelde velden in overeenstemming is met de (tamelijk schaarse) meteorologische gegevens betreffende de inhomogeniteiten. Deze gegevens hebben vooral betrekking op de afzonderlijke fluctuaties in de windsnelheid, de temperatuur en de vochtigheid in de onderste laag [15]). Voor de verstrooiing van radiogolven zijn slechts van belang de fluctuaties δn van de brekingsindex n, waarbij δn volgens de in deel I van dit artikel gegeven formule (1) is opgebouwd uit de afzonderlijke fluctuaties δp van de druk van de droge lucht, δe van de waterdampdruk en δT van de temperatuur. Voor de representatieve toestand met $T = 300$ °K, $p = 1000$ millibar en $e = 20$ millibar vindt men:

$$\delta n = (0{,}26\,\delta p + 4{,}2\,\delta e - 1{,}44\,\delta T)\,10^{-6}. \quad . \quad (7)$$

Temperatuur en druk veranderen zo snel dat warmte-uitwisseling met de omgeving kan worden verwaarloosd. Gemiddeld zal er dus tussen de fluctuaties δp en δT, en ook tussen δe en δT, een verband bestaan overeenkomstig de relatie tussen druk en temperatuur bij adiabatische toestandsveranderingen. Met behulp hiervan kan (7) worden vereenvoudigd tot

$$\delta n \approx -2\,\delta T \cdot 10^{-6}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Metingen van temperatuurfluctuaties geven dus reeds een indruk van de te verwachten fluctuaties in n. Waarnemingen van Gerhardt en Gordon [16])

[13]) H. Bremmer, De troposfeer als medium voor de voortplanting van radiogolven, I, Philips techn. T. **15**, 114-127, 1953 (No. 4).

[14]) H. G. Booker en W. E. Gordon, Proc. Inst. Rad. Engrs. **38**, 401-412, 1950.

[15]) Een overzicht vindt men bijv. in hoofdstuk 2 van O. G. Sutton, Atmospheric turbulence, Methuen, Londen 1949.

[16]) J. R. Gerhardt en W. E. Gordon, J. Meteor. **5**, 197-203, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

in Texas hebben temperatuurfluctuaties in de orde van 1 °C aangetoond, waarbij de tijdconstante van deze schommelingen, al naar de weersomstandigheden, varieerde van de orde van enkele minuten tot die van een seconde. Volgens (8) komen deze metingen dus overeen met fluctuaties in n van de orde van 10^{-6}, dit is enige honderden malen kleiner dan de normale afwijking van n van de eenheid, welke ongeveer 0,0003 bedraagt.

In latere tijd heeft Birnbaum [17]) de fluctuaties van n rechtstreeks gemeten uit het verschil tussen de resonantiefrequenties van twee trilholten, waarvan de ene was afgesloten en de andere in verbinding stond met de te onderzoeken lucht. Daarbij werd tevens onderzocht tot op welke afstand er nog samenhang bestaat tussen de fluctuaties in twee afzonderlijke meetpunten. Deze afstand varieerde, al naar gelang van een grotere of geringere stabiliteit van het weer, tussen waarden in de orde van grootte van 10 m en 10 cm. Deze afstand is bepalend voor de afmetingen van wat men de afzonderlijke „luchtbellen" kan noemen, en de verhouding van deze afmetingen tot de golflengte is van doorslaggevende betekenis voor de verstrooiingsverschijnselen. We komen hierop aanstonds nader terug, maar willen in het volgende hoofdstuk eerst nog ingaan op de physische omstandigheden die de grootte van de bellen bepalen.

Onregelmatigheden in de structuur als gevolg van turbulentie

De luchtbellen waarvan zoëven sprake was, nemen deel aan turbulente bewegingen. In de aardatmosfeer hebben de afzonderlijke gebieden die deze bewegingen uitvoeren, allerlei afmetingen, variërend van zeer grote (depressies) tot zeer kleine, in de orde van centimeters. Het zijn deze laatste die ons hier vooral interesseren [18]).

In een medium van een uitgestrektheid als die van de atmosfeer blijken turbulente bewegingen stabiel te kunnen zijn mits aan dit medium geregeld van buiten af energie wordt toegevoerd (in casu zonnestraling). Wanneer hierbij een stationnaire toestand is ingetreden, wordt deze energie ten slotte in warmte omgezet, door de wrijvingskrachten die bij de turbulentie optreden; deze omzetting is het sterkst bij de kleinste luchtbellen, daar deze aanleiding geven tot de grootste gemiddelde waarden van de snelheidsgradient. Een grote energietoevoer zal dus vooral de vorming van kleine bellen bevorderen, omdat alleen dan een toestand wordt geschapen waarin voldoende wrijving optreedt om alle toegevoerde energie in warmte te kunnen omzetten. Anderzijds remmen de wrijvingskrachten de te sterk turbulente bewegingen, die juist bij zeer kleine bellen zouden optreden. Het is dus begrijpelijk dat de grootte l_η van de kleinste bellen die bij het energie-uitwisselingsproces nog een rol spelen, afneemt met groter wordende energietoevoer, en toeneemt bij toenemende viscositeit. Dit is in overeenstemming met het volgende verband, dat werd afgeleid door Taylor [19]) voor de op een bepaalde wijze (met behulp van correlatierekening) nauwkeuriger gedefinieerde belgrootte l_η, de viscositeitscoëfficient η, de energietoevoer ε per seconde en per volume-eenheid, en de gemiddelde kinetische energie $\frac{1}{2}v^2$ per massa-eenheid van het turbulente gas:

$$l_\eta = \sqrt{5\,\frac{\eta}{\varepsilon}\,\overline{v^2}}.$$

De phenomenologische theorie die tot dit resultaat voert, onderstelt een medium van een uitgestrektheid welke groot is ten opzichte van de gemiddelde belgrootte (de zg. macroschaal) en voorts dat de turbulentie isotroop is en dat de compressibiliteit van het medium kan worden verwaarloosd (deze laatste wordt pas van belang voor turbulentiesnelheden die vergelijkbaar zijn met de geluidssnelheid). Een dergelijke theorie kan echter nog niets zeggen over de distributie van de verschillende grootten van bellen; hiervoor zijn verdere physische onderstellingen nodig. Reeds op grond van eenvoudige dimensionele beschouwingen is Kolmogoroff gekomen tot een verdeling waarbij de waarschijnlijkheid van kleine belgrootten l (waarbinnen de turbulentiesnelheid overal ongeveer dezelfde waarde heeft) evenredig is met $l^{5/3}$, doch waarbij de invloed van de wrijving werd verwaarloosd. Door ook deze laatste in rekening te brengen, vond Heisenberg dat de waarschijnlijkheid voor kleine bellen veel sterker afneemt, namelijk evenredig met l^7, waarbij deze sterke afneming begint bij belgrootten in de orde van $l_{\text{crit}} = (l_\eta)^{3/2}/L^{\frac{1}{2}}$, indien L de grootste lengteafmeting van het medium is. De wrijving stelt dus niet alleen een grens aan de grootte l_η der bellen die aan de energie-uitwisseling deelnemen, maar ook aan de kleinste belgrootte (l_{crit}) die nog met enige waarschijnlijkheid voorkomt. De numerieke waarde van l_{crit} is voor verstrooiingsverschijnselen zeer belangrijk, zoals verderop zal blijken.

[17]) G. Birnbaum, Phys. Rev. **83**, 110-111, 1951.

[18]) Een overzicht van groot belang van turbulentieverschijnselen vindt men in een artikel van S. Chandrasekhar, Astrophys. J. **110**, 329-339, 1949.

[19]) G. J. Taylor, Proc. Roy. Soc. **A 151**, 421-444, 1935 (formule 50).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Alvorens de eigenlijke berekeningen van de door verstrooiing gevormde velden te bespreken, vermelden we nog het aan L. F. Richardson toegeschreven versje, dat een variant is op een bekend Engels rijmpje [20]) en waarin kernachtig is samengevat hoe de door een turbulent medium opgenomen energie geleidelijk van de grotere op de kleinere bellen wordt overgedragen, terwijl ten slotte de wrijving paal en perk stelt aan de vorming van te kleine bellen:

Big whirls have little whirls
That feed on their velocity,
And little whirls have lesser whirls,
And so on to viscosity.

Bepaling van het verstrooiingsveld afkomstig van één enkel volume-element

We onderstellen dat de brekingsindex zo langzaam met de tijd verandert dat hij als constant mag worden beschouwd gedurende één periode van de zenderfrequentie, en voorts dat een merkbare samenhang van δn als functie van de plaats slechts bestaat voor punten welker afstanden een zeker bedrag — de turbulentieschaal — niet overtreffen (de exacte definitie van de turbulentieschaal, die in de orde van grootte van l_{crit} is, is hier niet van belang).

De veldbijdragen die afkomstig zijn van verstrooiing van het primaire zenderveld, door punten P binnen een volume-element dV met afmetingen ongeveer gelijk aan de turbulentieschaal, zullen als coherent beschouwd moeten worden. Daarentegen moet men de totale bijdragen van deze volume-elementen afzonderlijk opvatten als onderling incoherent wanneer het er om te doen is, statistische gemiddelden te bepalen. Dit laatste is het enige dat zin heeft, in verband met het snelle verloop van de fluctuaties. De genoemde incoherentie maakt dat men niet de amplitudes van de veldbijdragen (dE) der afzonderlijke volume-elemten dV bij elkaar moet optellen, maar de kwadraten ervan, $d(E^2)$, dus hun intensiteiten.

De eerste stap van de berekening verlangt dus de bepaling van de intensiteit van het veld afkomstig van enkelvoudige verstrooiing door dV. De berekening wordt sterk vereenvoudigd door te onderstellen dat de afmetingen van dV klein zijn ten opzichte van de afstanden TP en PR van het volume-element tot de zender en de ontvanger (*fig. 8*). Evenals bijv. de verstrooiing van röntgenstralen door kristallen, hangt ook hier de verstrooiingsintensiteit als functie van de richting van waarneming (RP) voor grote afstanden slechts af van de ruimtelijke verdeling der grootheid die de verstrooiing veroorzaakt, dit is hier $\delta n(x, y, z)$. Meer in het bijzonder hangt de intensiteit in R af van slechts één component van het (hier continue) ruimtelijke Fourier-spectrum van δn binnen dV, welke component aanstonds nader zal worden aangegeven. Het feit dat slechts één component uit het Fourier-spectrum een rol speelt, betekent dat de verstrooiing die het gevolg is van de werkelijke δn-verdeling, niet verschilt (in de hier beschouwde benadering) van de verstrooiing veroorzaakt door een fictieve δn-verdeling die slechts uit deze ene

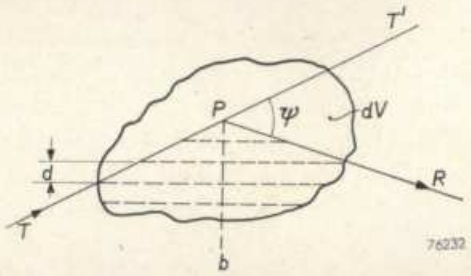


Fig. 8. dV stelt een verstrooiend volume-element van de troposfeer voor. TP invallende straal, PR verstrooide straal. Hoek $T'PR = \psi$ is de verstrooiingshoek. Met streepjes zijn enige vlakken loodrecht op de bissectrix b van hoek TPR aangegeven. De onderlinge afstanden d van deze vlakken voldoen aan de relatie (9) van Bragg.

Fourier-component alleen zou bestaan. Deze component nu beantwoordt aan de distributie waarvoor δn gelijke waarden aanneemt in platte vlakken (gestreept aangegeven in fig. 8) loodrecht op de bissectrix b van de hoek TPR, en met onderlinge afstanden d gegeven door

$$d = \lambda/(2 \sin \tfrac{1}{2}\psi). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

Hierin is ψ, de verstrooiingshoek, het supplement van hoek TPR.

Men herkent in (9) de relatie van Bragg. Ze betekent dat de Fourier-component die de verstrooiing geheel en al bepaalt, past bij een dusdanige opeenvolging van vlakken met periodiek herhaalde waarden van δn dat door interferentiewerking juist in de waarnemingsrichting RP een maximale intensiteit ontstaat. De analogie met de theorie van Bragg is slechts mogelijk doordat de fluctuaties als langzaam verlopend in de tijd zijn ondersteld, zodat de distributie van δn gedurende een aantal opeenvolgende periodes van de zenderfrequentie als gefixeerd gedacht kan worden en verstrooiend kan werken als een vaste stof. Een belangrijk verschil met de verstrooiing aan kristallen is daarbij echter dat de regelmatige celstructuur van een kristal hier

[20]) Big fleas have little fleas
Upon their backs to bite 'em,
Little fleas have lesser fleas,
And so — ad infinitum.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ontbreekt, zodat de intensiteit van de verstrooiingsstraling volkomen geleidelijk verandert met de richting van waarneming. In dit opzicht heeft de hier beschouwde verstrooiing de meeste overeenkomst met die aan amorfe vaste stoffen.

De intensiteit $d(E^2)$ van de veldbijdrage van één enkel volume-element zal volgens het bovenstaande in de eerste plaats evenredig zijn met de intensiteit van de bedoelde Fourier-component. De grootheid $d(E^2)$ hangt daarbij af van de afstand zender-ontvanger doordat met deze afstand de ligging van de Fourier-component in het spectrum mede verandert; deze laatste verandering is een gevolg daarvan dat bij verplaatsing van de ontvanger de orientatie van de „werkzame" vlakken loodrecht op b (fig. 8) zich wijzigt.

De theorie leert dat $d(E^2)$, behalve van de intensiteit van de Fourier-component, afhangt van $\overline{(\delta n/n)^2}$, dit is het gemiddelde van het kwadraat der relatieve afwijking van de brekingsindex. Dit maakt het mogelijk een vergelijking te trekken tussen de verstrooiing welke door radiogolven en die welke door acoustische golven wordt ondergaan. Terwijl namelijk $\delta n/n$ in het radio-geval volgens (8) gelijk is aan $-2\cdot10^{-6}\cdot\delta T$, is deze grootheid in het acoustische geval, waarin n evenredig is met $T^{-\frac{1}{2}}$, gelijk aan $-\frac{1}{2}\delta T/T$. Onder gelijke omstandigheden, dwz. dezelfde toestand van de troposfeer en dezelfde golflengte (toevallig hebben acoustische golven ook lengten van enige centimeters tot enige meters), is dientengevolge het door verstrooiing in een volume-eenheid gevormde veld in het acoustische geval een factor $10^6/4T$ groter; dit is een getal in de orde van 1000!

Het totale verstrooiingsveld in het ontvangpunt

De optelling van de incoherente bijdragen der afzonderlijke, tussen zender en ontvanger gelegen, volume-elementen geschiedt door integratie van de grootheid $d(E^2)$ over de gehele verstrooiende ruimte. De wiskundige moeilijkheden worden daarbij sterk gereduceerd wanneer men zich beperkt tot een zender T en een ontvanger R met op elkaar gerichte bundelantennes (*fig. 9*). We zullen onderstellen dat het stralingsdiagram van beide antennes in het horizontale vlak een halfwaardehoek $\Theta_{\frac{1}{2},h}$ heeft (en wel $\frac{1}{2}\Theta_{\frac{1}{2},h}$ ter weerszijden van het verticale vlak door T en R), en in het verticale vlak een halfwaardehoek $\Theta_{\frac{1}{2},v}$ met het plaatselijke vlak van de horizon, en voorts dat $\Theta_{\frac{1}{2},h}$ en $\Theta_{\frac{1}{2},v}$ kleine hoeken zijn. Alleen het gebied waarin de snijpunten liggen van deze, de zender verlatende, stralen en de stralen die de ontvanger bereiken, is dan werkzaam als verstrooiend volume. In *fig. 10* is de doorsnede van dit volume V met het verticale vlak door T en R (het vlak van tekening) gearceerd aangegeven.

Van de door Booker en Gordon [14]) behandelde gevallen willen we slechts de grote afstanden (enige honderden kilometers) beschouwen, omdat voor

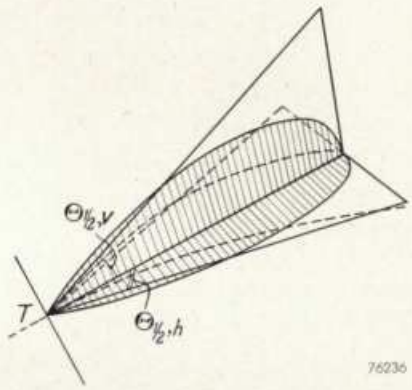


Fig. 9. Zender T met op de ontvanger gerichte bundelantenne. Deze heeft in het horizontale vlak een stralingsdiagram met de halfwaardehoek $\Theta_{\frac{1}{2},h}$, symmetrisch ten opzichte van het verticale vlak door zender en ontvanger, en in dit verticale vlak een stralingsdiagram met de halfwaardehoek $\Theta_{\frac{1}{2},v}$ ten opzichte van het horizontale vlak. De hoeken $\Theta_{\frac{1}{2},h}$ en $\Theta_{\frac{1}{2},v}$ zijn hier duidelijkheidshalve veel te groot getekend. Voor de ontvangantenne geldt een zelfde diagram.

deze afstanden de verstrooiingsvelden relatief het belangrijkst zijn. De verstrooiingsruimte is daarbij geconcentreerd in de nabijheid van het middelloodvlak van T en R en heeft afmetingen die klein zijn ten opzichte van de afstanden $\frac{1}{2}D = \frac{1}{2}a\vartheta$ tot

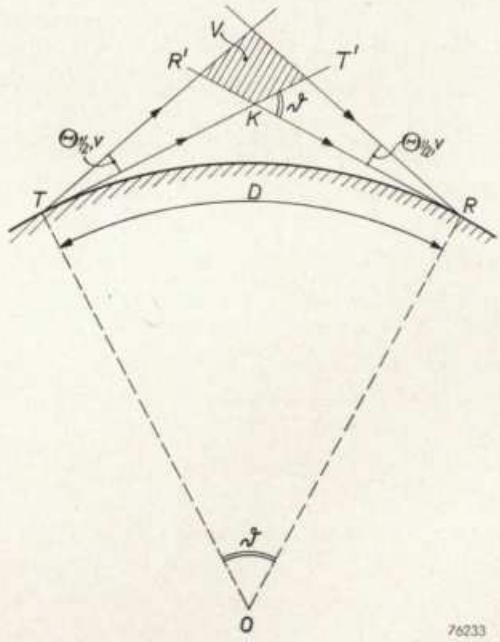


Fig. 10. In het geval van bundelantennes volgens fig. 9 heeft men in hoofdzaak slechts te maken met verstrooiing die plaatsvindt in een volume V, waarvan de doorsnede met het vlak van tekening is gearceerd. Hoek $T'KR$ = hoek $TOR = \vartheta$.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zender en ontvanger (D = boog TR, ϑ = hoek TOR, a = straal van de aarde), indien geldt:

$$\vartheta \gg \Theta_{\frac{1}{2},\mathrm{v}} \quad \text{en} \quad \Theta_{\frac{1}{2},\mathrm{h}} \ll \tfrac{1}{2}\pi.$$

De verstrooiingshoek ψ kan dan voor alle verstrooiende punten bij benadering gelijk genomen worden aan zijn waarde $T'KR$ (fig. 10) die past bij de stralen TK en KR, welke bij de zender resp. de ontvanger horizontaal lopen. Zoals uit fig. 10 blijkt, is de hoek ψ dan gelijk aan de hoekafstand ϑ tussen zender en ontvanger. De afhankelijkheid van het veld van de afstand D wordt hier dus, wegens de relatie $\vartheta \approx \psi$, herleid tot de afhankelijkheid van het totale verstrooiingsveld van de hoek ψ.

Dit doet de vraag rijzen, voor welke waarden van ψ verstrooiing van betekenis is te verwachten. Men kan deze vraag kwalitatief beantwoorden indien δn over afstanden kleiner dan een gegeven lengte l zeer weinig verandert. Is aan deze voorwaarde voldaan, dan houdt dit in dat het ruimtelijke Fourier-spectrum van δn vrijwel beperkt is tot componenten waarvoor de periodiciteitsafstand groter is dan l. Immers, waren er componenten waarvoor deze afstand kleiner is dan l, dan zouden deze beantwoorden aan verdelingen van δn waarbij δn binnen de afstand l sterk verandert, hetgeen echter in strijd is met onze onderstelling. We hebben dus alleen rekening te houden met die Fourier-componenten waarvoor in verg. (9) de periodiciteitsafstand d groter is dan l, zodat tot de verstrooiing alleen wordt bijgedragen door hoeken ψ waarvoor geldt:

$$\frac{\lambda}{2\sin\frac{1}{2}\psi} > l, \text{ of } \sin\tfrac{1}{2}\psi < \frac{\lambda}{2l}. \quad . \; . \quad (10)$$

De toestand is het overzichtelijkst in de volgende beide limietgevallen:

1) $\lambda \gg l$. Voor alle verstrooiingshoeken wordt voldaan aan (10), de verstrooiing is in geen enkele richting te verwaarlozen. Dit is het bekende geval van de verstrooiing van Rayleigh, die ongeveer isotroop is.
2) $\lambda \ll l$. Verstrooiing van enig belang wordt alleen geleverd door zeer kleine hoeken ψ; de verstrooiing geschiedt derhalve in hoofdzaak in voorwaartse richting.

Voor grote afstanden, waarbij de hoek ϑ groot is, vindt men de sterkste verstrooiing in het eerste geval ($\lambda \gg l$), daar immers slechts dan ook die hoeken ψ iets bijdragen die ongeveer gelijk aan ϑ zijn. We zien hier de belangrijke rol van de parameter l, die blijkbaar van de orde van grootte van l_{crit} is, d.i. de kleinste belgrootte die nog met enige waarschijnlijkheid voorkomt (zie het einde van de paragraaf over de turbulentie).

Kwantitatieve berekening van het verstrooiingsveld

In het voorgaande hebben we gezien dat het totale verstrooiingsveld in het bijzonder afhangt van één bepaalde Fourier-component der ruimtelijke verdeling van δn in een coherent verstrooiend volume-element $\mathrm{d}V$. Bij nader onderzoek blijkt dat deze afhankelijkheid kan worden herleid tot statistische eigenschappen van deze ruimtelijke verdeling. Men vindt daarbij dat het voldoende is de volgende zg. correlatiefunctie te kennen:

$$C(a,b,c) = \frac{\overline{\delta n(x,y,z)\cdot \delta n(x+a,\, y+b,\, z+c)}}{\overline{\delta n(x,y,z)}^{\,2}}.$$

In deze definitieformule geven de strepen ruimtelijke middeling over het volume-element $\mathrm{d}V$ aan, welks afmetingen niet kleiner dan de turbulentieschaal mogen zijn. Deze functie geeft de samenhang tussen de fluctuaties van n in twee punten welker rechthoekige coördinaten de bedragen a, b en c verschillen, zodat zij in het geval van isotrope turbulentie slechts zal afhangen van de afstand $(a^2+b^2+c^2)^{\frac{1}{2}}$. Voor zeer grote afstanden bestaat er geen correlatie; de correlatiefunctie neemt dan dus af naar nul. Voorts is ze genormeerd, zodanig dat haar maximale waarde, voor de afstand nul, gelijk is aan 1. Afgezien van deze limietwaarden, zal de functie in het algemeen monotoon afnemen indien de afstand groter wordt. Als mogelijke, mathematisch hanteerbare, vormen van deze functie noemen we, voor het geval van isotrope turbulentie:

$$C(a,b,c) = \mathrm{e}^{-(a^2+b^2+c^2)^{\frac{1}{2}}/l} \quad . \; . \quad (11\mathrm{a})$$

en

$$C(a,b,c) = \mathrm{e}^{-(a^2+b^2+c^2)/l^2}. \quad . \; . \quad (11\mathrm{b})$$

In deze beide voorbeelden begint de sterke afneming wanneer de afstand $(a^2+b^2+c^2)^{\frac{1}{2}}$ van de orde van l wordt, zodat l hier kan worden opgevat als de turbulentieschaal. Voor de bij deze correlatiefunctie behorende veldsterkten E op grote afstand vinden we resp., indien de zender een vermogen van 1 kW uitstraalt:

$$E = \frac{4{,}2\cdot 10^8 \cdot l_{\mathrm{cm}}^{\frac{3}{2}} \overline{(\delta n)^2}^{\frac{1}{2}} \Theta_{\frac{1}{2},\mathrm{v}}}{\lambda^2_{\mathrm{cm}}\, D_{\mathrm{km}} \left(1 + \dfrac{16\pi^2 l^2}{\lambda^2}\sin^2\left(\dfrac{D}{2a}\right)\right)} \mathrm{mV/m}, \quad (12\mathrm{a})$$

$$E = \frac{2{,}0\cdot 10^8 \cdot l_{\mathrm{cm}}^{\frac{3}{2}} \overline{(\delta n)^2}^{\frac{1}{2}} \Theta_{\frac{1}{2},\mathrm{v}}}{\lambda^2_{\mathrm{cm}}} \times \frac{\mathrm{e}^{-\frac{2\pi^2 l^2}{\lambda^2}\sin^2\left(\frac{D}{2a}\right)}}{D_{\mathrm{km}}} \mathrm{mV/m}. \quad (12\mathrm{b})$$

(Met E is hier bedoeld de effectieve waarde van de veldsterkte, in millivolt per meter. Eenheden van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

lengten zijn vermeld als index, behalve in dimensieloze lengteverhoudingen.) Deze formules tonen duidelijk de invloed van de vorm der correlatiefunctie aan. Indien $\lambda \ll l$, heeft men in het eerste geval te doen met een veld dat afneemt ongeveer evenredig met D^{-3}, en in het tweede geval met een veld dat afneemt ongeveer evenredig met $D^{-1} \exp(-\gamma D^2)$, waarin γ een positieve constante is.

Interpretatie van waarnemingsmateriaal door middel van verstrooiing

Ondanks de grote invloed van de juiste vorm der niet bekende correlatiefunctie C, moet men constateren dat de theorie van Booker en Gordon [14]) in staat is de orde van grootte der veldsterkten ver achter de horizon bevredigend te verklaren. Deze theorie, die uitgaat van de correlatiefunctie (11a), leidt in ieder geval tot een veld dat, zoals (12a), niet exponentieel afneemt, dwz. veel langzamer afneemt dan het door diffractie gevormde veld.

De theoretische resultaten kunnen ook worden vergeleken met de vele gegevens die zijn verzameld om na te gaan tot op welke afstanden een ongewenste televisiezender de ontvangst van een in hetzelfde golflengtegebied werkende televisiezender kan storen. Evenals bij het verwerken van gegevens over ionosferische propagatie, leidt men uit het gemiddelde van een groot aantal waarnemingen krommen af die, als functie van de afstand, de veldsterkte weergeven welke gedurende bijv. 50%, of 20%, of 10% van de tijd wordt overschreden. Naarmate dit percentage kleiner is, wordt de bijbehorende veldsterkte, voor een gegeven afstand, groter, terwijl bovendien de relatieve invloed van het diffractieveld geringer wordt. Immers, dit laatste kan slechts veranderen door de geleidelijk verlopende wijzigingen van de effectieve aardstraal, maar deze wijzigingen zijn niet van dien aard dat zij de vrij grote veldsterkten kunnen verklaren die alleen gedurende bijv. 1% van de waarnemingstijd voorkomen. Deze veldsterkten moeten geheel en al worden toegeschreven aan de invloed van af en toe werkzame, zeer sterke verstrooiingsverschijnselen.

In dit verband noemen we de krommen die werden afgeleid door het Comité Consultatif International des Radiocommunications [21]) voor de gedurende 1% en 10% van de tijd overschreden velden, afkomstig van dipoolzenders ter lengte van een halve golf. Beschouwen we bijv. afstanden D tussen 100 en 500 km, en frequenties tussen 50 en 200 MHz, dan blijkt de veldsterkte die slechts gedurende 1% van de tijd wordt overschreden, vrij nauwkeurig te kunnen worden voorgesteld door de formule:

$$E = 85\,000\, D^{-3}\ \mathrm{mV/m}$$

(met D in km, en weer voor 1 kW uitgestraald vermogen). De evenredigheid met D^{-3} is in overeenstemming met (12a) indien $l \gg \lambda$, aangezien dan in de noemer de term 1 mag worden verwaarloosd en bovendien $\sin D/2a$ mag worden vervangen door $D/2a$, zodat in de noemer een factor D^3 verschijnt. Men kan dit echter nog geen bevestiging noemen van de aan (12a) ten grondslag liggende onderstellingen, want een dergelijke afneming kan bijv. ook worden verkregen als de turbulentie niet isotroop is.

Dit laatste is een belangrijk punt. Rechtstreekse turbulentiemetingen van E. G. Richardson [22]) in de onderste luchtlaag wijzen erop dat de turbulentie met toenemende hoogte niet alleen een toenemende schaalwaarde vertoont, maar bovendien van de isotropie, voor zover deze vlak bij het aardoppervlak bestaat, gaat afwijken, Voorts maken metingen in vliegtuigen (N. S. Wong) het waarschijnlijk dat de variaties van de brekingsindex in horizontale richtingen veel geringer zijn dan in verticale richting. Dit wordt bovendien bevestigd door Herbstreit en Norton, die de correlatie hebben nagegaan tussen de veldsterkten die aan twee dicht bij elkaar geplaatste ontvangers kunnen worden gemeten en van één zender afkomstig zijn. Door vergelijken van de correlaties die men verkrijgt bij verschillende orientaties van de verbindingslijn van de ontvangers, wordt hier waarschijnlijk gemaakt dat de turbulentieschaal in horizontale richting groter is dan in verticale richting.

De hier genoemde waarnemingen hebben Feinstein ertoe gebracht, nogmaals het eenvoudige model van een slechts van de hoogte afhangende brekingsindex te beschouwen, doch daarbij thans aan te nemen dat de verticale gradient van de brekingsindex fluctuaties rondom een constante gemiddelde waarde vertoont. Ook deze theorie, die dus een sterk anisotrope turbulentie onderstelt, kan, al naar gelang de onderstellingen omtrent de verhouding van de verticale turbulentieschaal en de golflengte, een veldsterkte opleveren die evenredig is met een negatieve macht van de afstand D, dus hetzelfde als wat volgt uit het aannemen van een isotrope turbulentie. De metingen van veldsterkten op grote afstanden zijn derhalve nog onvoldoende om tussen isotropie en anisotropie te beslissen. Wel kan men zich voorstellen dat uitgebreidere waarnemingen aan verstrooiingsvelden, in combinatie met meteorologische gegevens, de kennis omtrent de turbulentie zullen kunnen vergroten.

[21]) C.C.I.R., Documents of the 6th plenary assembly, Genève 1951, blz. 55.

[22]) E. G. Richardson, Proc. Roy. Soc. **A 203**, 149-164, 1950.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Sluiering verklaard door verstrooiing

Het verstrooiingsmechanisme kan ook de vooral bij grote afstanden sterke sluieringsverschijnselen („fading") verklaren. Feitelijk is er altijd aanleiding tot sluiering wanneer van de verschillende omstandigheden die de voortplanting zonder verstrooiing bepalen (normale stralenloop, reflecties aan een overgangslaag, diffractie, enz.), er enige in combinatie werkzaam zijn, die ieder voor zich veldbijdragen van dezelfde orde van grootte zouden geven. Doordat deze bijdragen afhangen van onderling vrijwel onafhankelijke physische condities, zullen hun fazeverschillen snel kunnen veranderen, en daardoor zal het totale veld sterk kunnen fluctueren. Bij de grote afstanden echter, alwaar de verstrooiingseffecten ten opzichte van alle andere oorzaken voor het ontstaan van een veld overwegen, kan de verstrooiing alleen reeds aanleiding geven tot sluiering volgens het mechanisme dat Ratcliffe [23]) het eerst heeft voorgesteld voor een ionosferische sluiering.

De luchtbellen in de troposfeer, die gedurende één enkele periode van de hoogfrequente straling als gefixeerd gedacht konden worden, verplaatsen zich in werkelijkheid door de ruimte. Ook wanneer deze verplaatsing zo gering is dat ze op het gemiddelde veld geen invloed heeft, dan zal toch het in de luchtbellen gevormde verstrooiingsveld onderhevig zijn aan een Doppler-effect en alleen reeds daardoor kleine variaties rondom het gemiddelde vertonen. Indien v_b de snelheidscomponent in de richting van de bissectrix tussen aankomende en verstrooide straal is (de richting b in fig. 8), en c de lichtsnelheid, vindt men bij een verstrooiingshoek ψ voor de Doppler-verschuiving $\Delta\nu$ ten opzichte van de frequentie ν der draaggolf:

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{2v_b}{c}\sin\tfrac{1}{2}\psi.$$

Er ontstaat derhalve sluiering met een tijdconstante

$$T = \frac{1}{\Delta\nu} = \frac{\lambda}{2\,v_b \sin\tfrac{1}{2}\psi}.$$

Voor grote afstanden ($\vartheta \gg \Theta_{\frac{1}{2},v}$) kon ψ gelijkgesteld worden aan de hoekafstand $\vartheta = D/a$ van zender tot ontvanger. Dan vindt men dus een sluiering in het rhythme van de schommelingen van v_b, met een tijdconstante die overigens ongeveer evenredig is met λ/D. Het tempo van de sluieringsfluctuaties wordt dus voor toenemende afstand sneller. Een analyse van de sluieringsverschijnselen zal derhalve gegevens kunnen verstrekken omtrent de snelheden van de turbulente bewegingen.

Recapitulatie

Tot slot geven we een recapitulatie van de uiteenlopende omstandigheden die de voortplanting van radiogolven beheersen. Getracht is, de meest kenmerkende eigenschappen van deze omstandigheden naar voren te brengen.

De verbinding tussen zender en ontvanger komt tot stand op een van de volgende wijzen of door een combinatie ervan:

a) Verbindingen langs normale straalwegen. *Physisch kenmerk:* het veld komt tot stand langs twee stralen, die de zender en de ontvanger verbinden volgens de brekingswet van Snellius en waarvan de ene onderweg een reflectie tegen de aarde ondergaat. *Voorkomen:* de normale oorzaak van het veld boven de horizon. *Herkenningskenmerk:* het veld is voor alle golflengten ongeveer evenredig met D^{-1}.

b) Verbindingen via overgangslagen. *Physisch kenmerk:* het veld komt tot stand langs een straal die wordt gereflecteerd (gewoonlijk partieel) door een op een bepaalde hoogte in de troposfeer aanwezige laag waarin de brekingsindex veel sterker met de hoogte verandert dan normaal. *Voorkomen:* slechts indien de vereiste laag, als gevolg van een temperatuurinversie of een meteorologisch front, aanwezig is. *Herkenningskenmerk:* het veld neemt over een bepaald gebied minder snel af dan evenredig met D^{-1} en neemt voor langer wordende golven iets toe.

c) Verbindingen waarbij een bepaalde laag in de troposfeer het karakter heeft van een golfpijp. *Physisch kenmerk:* de verbinding komt tot stand langs een groot aantal straalwegen, die ieder onderweg een verschillend aantal reflecties tegen de aarde en geleidelijke reflecties in het golfpijpgebied ondergaan. *Voorkomen:* slechts onder bijzondere omstandigheden, waarbij een sterke afneming van de vochtigheid en een sterke toeneming van de temperatuur, beide met toenemende hoogte, samenwerken. *Herkenningskenmerk:* beneden de horizon is voor zeer korte golven een veld waarneembaar dat veel sterker is dan het normale veld (dat door diffractie ontstaat, zie (e)) en dat voor toenemende golflengte afneemt.

d) Gradientreflecties. *Physisch kenmerk:* het veld wordt veroorzaakt door de partiële reflecties tegen de oneindig vele, oneindig dunne lagen

[23]) J. A. Ratcliffe, Nature **162**, 9-11, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van constante brekingsindex, waarin de troposfeer door de geleidelijke verandering van de brekingsindex met de hoogte steeds kan worden verdeeld. *Voorkomen:* steeds aanwezig, doch niet opvallend voor zover zij op het buigingsveld beneden de horizon geen invloed hebben. *Herkenningskenmerk:* de afneming van het diffractieveld dicht onder de horizon is minder geprononceerd dan normaal.

e) Diffractie. *Physisch kenmerk:* het veld wordt veroorzaakt door buiging naar het beneden de horizon gelegen gebied, dat niet langs geometrisch-optische straalwegen bereikbaar is. *Voorkomen:* het onder alle omstandigheden niet te ver onder de horizon aanwezige veld. *Herkenningskenmerk:* het veld neemt exponentieel af met de afstand, zonder onderhevig te zijn aan sterke fluctuaties in de tijd.

f) Verstrooiing. *Physisch kenmerk:* het veld wordt veroorzaakt door verstrooiing tegen de alom in de troposfeer aanwezige inhomogeniteiten van geringe afmetingen. *Voorkomen:* steeds aanwezig, doch slechts opvallend voor de grootste afstanden, alwaar de andere oorzaken geen merkbare bijdrage meer leveren. *Herkennings-kenmerk:* afneming van het veld op grote afstanden minder snel dan exponentieel, en bovendien sterk afhankelijk van het tijdstip van waarneming.

Samenvatting. Dit tweede deel van een overzichtsartikel over de radio-eigenschappen van de troposfeer behandelt de verstrooiing. Ter sprake komen de inhomogeniteiten („luchtbellen") die in allerlei grootten in de atmosfeer voorkomen en onderhevig zijn aan turbulente bewegingen. Voor het verstrooiingsverschijnsel zijn vooral van belang de kleinste bellen die nog met enige waarschijnlijkheid voorkomen; de grootte van deze bellen bepaalt de zg. turbulentieschaal. Ter toelichting op de berekening van het verstrooiingsveld wordt eerst beschouwd het veld dat afkomstig is van één verstrooiend volume-element. Daarbij blijkt een interpretatie mogelijk te zijn die in overeenstemming is met de bekende relatie van Bragg. Om het totale verstrooiingsveld in het ontvangpunt te vinden, moet men vervolgens integreren over alle werkzame volume-elementen. Ter verkleining van de mathematische moeilijkheden wordt aangenomen dat zender en ontvanger werken met op elkaar gerichte bundelantennes. Kiest men nu een mathematisch hanteerbare correlatiefunctie voor de ruimtelijke fluctuaties van de brekingsindex, dan kan men tot numerieke uitkomsten komen. Twee zulke correlatiefuncties, met de bijbehorende formules voor het verstrooiingsveld, worden vermeld. Vervolgens wordt waarnemingsmateriaal uit het oogpunt van verstrooiing beschouwd, waarbij ook sluiering ter sprake komt. Het artikel besluit met een recapitulatie van de zes geïdealiseerde mogelijkheden van voortplanting die de schrijver reeds in deel I had onderscheiden. Van elk dezer mogelijkheden worden het physische kenmerk, het voorkomen en het herkenningskenmerk opgesomd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

INRICHTING TER BEVEILIGING TEGEN TE HOGE SPANNING BIJ HET BOOGLASSEN

door F. H. de JONG en D. W. van RHEENEN. 621.791.735: 621.316.722.3

Bij het booglassen bestaat een tegenstrijdigheid tussen hetgeen nodig is om goed en vlot te kunnen lassen enerzijds en de veiligheid van de lasser anderzijds: het eerste vereist een nullastspanning die vrij hoog is, maar waarbij onder ongunstige omstandigheden de kans op gevaar niet mag worden verwaarloosd. De hieronder beschreven veiligheidsinrichting brengt deze tegenstrijdigheid tot een oplossing.

Inleiding

De verschillende stroombronnen die voor het booglassen in aanmerking komen, willen wij samenvatten onder de algemene naam (boog)lasgeneratoren. Last men met wisselstroom, dan wordt deze in de regel geleverd door een lastransformator; werkt men met gelijkstroom, dan is de generator een lasgelijkrichter of een lasdynamo. Hoe uiteenlopend van aard deze lasgeneratoren ook zijn, zij komen in electrisch opzicht in twee opzichten overeen: zij zijn namelijk zo geconstrueerd dat

1) de klemspanning bij toenemende stroom sterk daalt, en
2) de lasstroom, bij een spanning gelijk aan de lasboogspanning, tussen ver uiteenliggende grenzen regelbaar is.

In *fig. 1* worden deze kenmerken voor een lastransformator gedemonstreerd met behulp van twee karakteristieken, die de klemspanning V als functie van de lasstroom I weergeven. De ene karakteristiek geldt voor de instelling waarbij de lasstroom het grootst is, de andere voor de instelling met de kleinste lasstroom; het gehele tussengelegen gebied kan continu worden bestreken [1]). Soortgelijke karakteristieken gelden voor andere lasgeneratoren, eventueel met een geheel andere stroomschaal, doch met een betrekkelijk weinig afwijkende spanningsschaal.

De nullastspanning V_0 moet enerzijds enige malen zo hoog zijn als de lasboogspanning (25 tot 40 V), omdat anders de boog moeilijk ontsteekt en gemakkelijk afbreekt, anderzijds zou men V_0 zo laag willen kiezen dat ze voor de lasser niet het minste gevaar oplevert. De Nederlandse Arbeidsinspectie neemt aan dat gelijk- of wisselspanningen tot 42 V in de practijk geen dodelijke ongelukken zullen veroorzaken, maar verbiedt het gebruik van hogere spanningen onder gevaarlijke omstandigheden. Indien men echter een lasgenerator een nullastspanning van 42 V gaf, zou er in het algemeen in de practijk niet mee te lassen zijn.

Men is dus wel gedwongen te werken met nullastspanningen waarbij gevaar voor de lasser niet altijd is uitgesloten, meestal wisselspanningen van

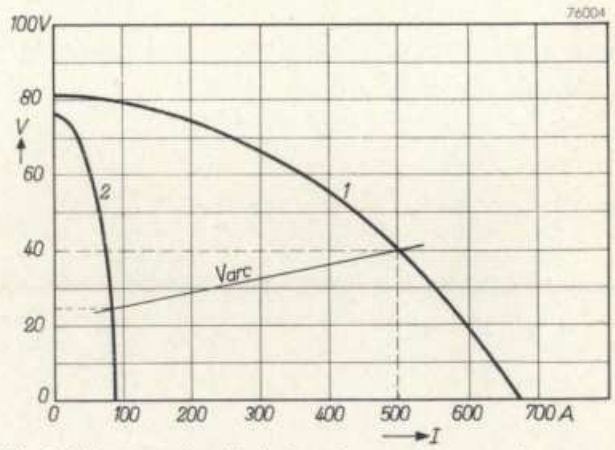


Fig. 1. Klemspanning V als functie van de stroom I van een booglasgenerator (hier de Philips lastransformator type 3565). Kromme *1* geldt voor de instelling met de grootste, kromme *2* voor die met de kleinste stroom. Het tussengelegen gebied kan continu worden bestreken. De lasboogspanning V_{arc} loopt met toenemende stroom op van ca. 25 V tot ca. 40 V.

om en bij 80 V. Natuurlijk heeft men getracht het gevaar te beperken, door de lastang (lasstaafhouder) zo te ontwerpen dat onwillekeurige aanraking van onder spanning staande delen zo goed als uitgesloten is (*fig. 2*), of door de lasser het dragen van isolerende handschoenen voor te schrijven, wat echter in de practijk op bezwaren stuit.

Afdoende zijn deze maatregelen dus niet. Vandaar dat men heeft gezocht naar een middel om te voorkomen dat de lasser, wanneer de lasboog niet brandt, een gevaarlijke spanning op de lasstaaf en de lastang krijgt, zonder dat dit middel het lassen zelf benadeelt. De hieronder beschreven beveiligingsinrichting onderscheidt zich van andere in de handel zijnde inrichtingen hierdoor dat ze op iedere lasgenerator zonder enige complicatie is aan te brengen. Naar aanstonds zal blijken, wordt bij deze inrichting

[1]) Hoe deze regeling bij Philips lastransformatoren en lasgelijkrichters is verkregen, is beschreven door H. A. W. Klinkhamer, Philips techn. T. **1**, 342-349, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

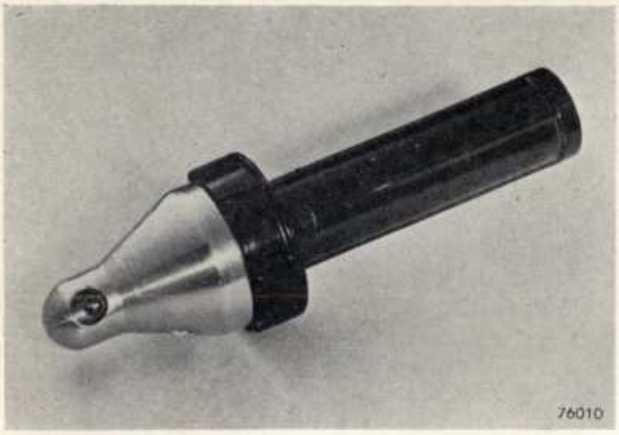


Fig. 2. Voorbeeld van een lasstaafhouder met geïsoleerd handvat (fabrikaat „Safeweld").

gebruik gemaakt van het feit dat een spanning van omstreeks 80 V ongevaarlijk is mits men er niet langer dan een zekere maximumtijd aan wordt blootgesteld; de Nederlandse Arbeidsinspectie stelt deze tijd op 0,2 seconde, wat zeker aan de veilige kant is.

Als ongevaarlijk moeten worden beschouwd de toestanden waarbij de kans op het optreden van zg. hartfibrillatie verwaarloosbaar klein is; onder hartfibrillatie verstaat men een onregelmatig samentrekken en ontspannen van de spieren der hartkamers, dat tot de dood leidt. Het alleen maar een schok of een prikkeling voelen wordt eveneens als ongevaarlijk beschouwd. Uitgebreide onderzoekingen hierover zijn gedaan door Prof. Dalziel van de Universiteit van Californië te Berkeley; de volgende getallen zijn aan een van zijn publicaties [2]) ontleend.

Indien wij, zoals gebruikelijk, aannemen dat de minimumwaarde van de weerstand van een stroombaan door het hart 500 ohm bedraagt, volgt uit de aangehaalde publicatie dat een spanning van 80 V, dus een stroom van 160 mA, kan worden uitgehouden gedurende ongeveer 1 seconde. Doordat de Nederlandse Arbeidsinspectie een tijd van slechts 0,2 s toelaat, neemt ze een ruime veiligheidsmarge in acht en heeft men tevens nog enige speling in de grootte van de spanning.

Principe

De inrichting berust hierop dat de spanning V tussen de lasstaaf en het geaarde werkstuk, zolang niet wordt gelast, door een spanningsdeler (R_1-R_2, *fig. 3*) wordt verlaagd tot een ongevaarlijke waarde, en dat, zodra men gaat lassen, deze spanningsdeler automatisch buiten werking wordt gesteld, zodat dan de volle nullastspanning ter beschikking komt. De werking zal worden verklaard aan de hand van fig. 3, die een vereenvoudigd schema voorstelt, en *fig. 4*, waarin het verloop van V en de stand van verschillende contacten als functie van de tijd t zijn voorgesteld.

[2]) C. F. Dalziel, Dangerous electric currents, Trans. Am. Inst. El. Engrs. **65**, 579-585, 1946.

Op een tijdstip t_0 wordt de lasgenerator (G, hier een transformator) over een schakelaar (S_1) met het net verbonden. V neemt dan aanvankelijk de waarde $V_0R_2/(R_1+R_2) = pV_0$ aan; de verhouding p is zo gekozen dat pV_0 een onder alle omstandigheden ongevaarlijke spanning is, bijv. 40 V. Tegelijk met de lastransformator werd de spoel van een electromagnetische schakelaar (S_2) bekrachtigd.

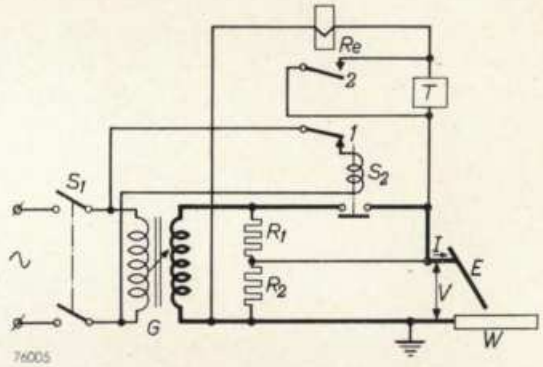


Fig. 3. Vereenvoudigd schema van de beveiligingsinrichting. G lasgenerator, hier voorgesteld als een transformator. W geaard werkstuk. E lasstaaf. R_1-R_2 spanningsdeler. S_1 netschakelaar. S_2 electromagnetische schakelaar. Re relais met rustcontact *1* en werkcontact *2*. T vertragingsinrichting.

Na een normale, zeer korte, vertragingstijd, op het ogenblik t_1, sluit deze schakelaar zijn contact, dat R_1 kortsluit. V stijgt nu tot V_0. Dit brengt nog geen gevaar mee mits we ervoor zorgen dat binnen 0,2 seconde V weer laag genoeg is geworden. Dit nu wordt bewerkstelligd door een relais (Re) en een vertragingsinrichting (T), die parallel op de lasboog zijn aangesloten. Reeds op het ogenblik t_0 was er via de vertragingsinrichting stroom gaan lopen door de spoel van het relais. Na een zekere tijd τ, op het

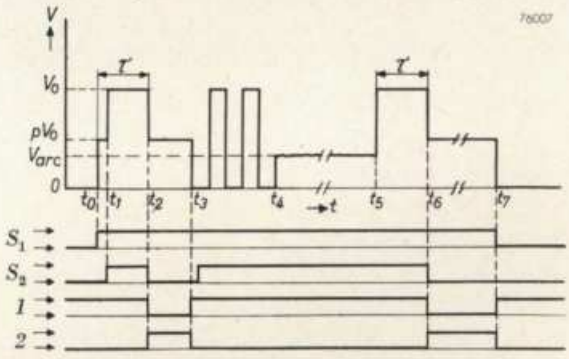


Fig. 4. Boven: schematische voorstelling van de effectieve waarde V der spanning tussen lasstaaf en werkstuk, als functie van de tijd t, in de schakeling van fig. 3. V_0 = nullastspanning, pV_0 = door de spanningsdeler verlaagde spanning. t_0 ogenblik waarop S_1 (fig. 3) wordt ingezet. t_1 ogenblik waarop S_2 zijn contact sluit. Bij t_2, na de vertragingstijd τ, komt het relais Re op. Tussen t_3 en t_4 wordt door aantikken van de lasstaaf op het werkstuk een boog gevormd (boogspanning V_{arc}). Bij t_5 wordt het lassen beëindigd, bij t_6 komt het relais weer op en bij t_7 wordt de netschakelaar uitgezet.

Onder de grafiek is de stand van de schakelaars S_1 en S_2 en van de relaiscontacten *1* en *2* aangegeven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

moment t_2, komt het relais op. Het opent daarbij een rustcontact (*1*), waarover de spoel van de schakelaar S_2 wordt gevoed. Deze schakelaar valt dus uit (op het tijdstip t_2, indien we de traagheid van uitvallen mogen verwaarlozen) en V daalt weer tot pV_0. Op deze verlaagde spanning blijft het relais aangetrokken, doordat een tweede contact (werkcontact *2*) een zich in de vertragingsinrichting bevindende weerstand die in serie met de relaisspoel is geschakeld, heeft kortgesloten; tegelijk is daardoor de vertragingsinrichting buiten werking gesteld, zodat het relais nu zonder noemenswaardige vertraging kan werken.

Om kans op gevaar te voorkomen, moeten we volgens het voorschrift van de Arbeidsinspectie de zoëven genoemde tijd τ maximaal 0,2 s maken; waarom we τ niet willekeurig klein kunnen kiezen, zal aanstonds blijken.

In de nu (bij t_2) bereikte toestand kan het lassen beginnen. De lasser brengt de lasstaaf in contact met het werkstuk (t_3), waardoor V tot nul daalt. Het niet meer vertraagde relais valt door het verdwijnen van V onmiddellijk af, contact *1* wordt gesloten, de electromagnetische schakelaar wordt bekrachtigd en sluit R_1 kort. Over de lasstaaf vloeit nu de volle kortsluitstroom van de generator. Bij het oplichten van de lasstaaf ontstaat soms direct al, soms pas na enige malen aantikken, de boog (t_4). Van dit ogenblik af is V gelijk aan de boogspanning (25 tot 40 V), dwz. niet groot genoeg om het relais te doen opkomen.

Gedurende het lassen komt het voor dat de boog even is onderbroken; voor een tijd van omstreeks één periode is dan de lasstroom nul en de spanning dus gelijk aan de nullastspanning. Op dit laatste mag het relais niet reageren. Deed het dit wel, dan zou namelijk de electromagnetische schakelaar, wegens de kleine, altijd aanwezige, traagheid, uitvallen terwijl de lasstroom al weer vloeide. De schakelaar zou dan deze stroom, die honderden ampères kan bedragen, te verbreken krijgen, en het zou wel een zeer zware eis zijn, te verlangen dat de schakelaar dit zou moeten kunnen verdragen. Hier zien we dus een van de redenen waarom men het niet zonder een zekere vertraging bij het opkomen van het relais kan stellen. De hiervoor vereiste vertragingstijd blijkt korter te zijn dan de tijd van 0,2 s die uit veiligheidsoogpunt als maximum is toegestaan; men kan de vertraging dus zo kiezen dat aan beide eisen wordt voldaan.

De vertraging heeft bovendien nog een belangrijk lastechnisch voordeel. Indien de zojuist genoemde korte onderbrekingen in de lasstroom tot gevolg hadden dat de spanningsdeler weer werd ingeschakeld, zou het de lasser enige moeite kosten de boog opnieuw te ontsteken en zouden er lasfouten kunnen ontstaan. Dank zij de vertraging echter reageert de beveiligingsinrichting op zulke korte onderbrekingen niet en ondervindt de lasser niet de minste hinder.

Bij t_5, nemen we aan, beëindigt de lasser zijn werk. Hij breekt daartoe de lasboog af en de spanning stijgt tot V_0. Na het interval τ, bij t_6, komt het nu weer vertraagde relais op, contact *1* gaat open, schakelaar S_2 valt uit (stroomloos!) en de spanning V daalt tijdig tot de veilige waarde pV_0.

Een en ander vindt men terug in de oscillogrammen van *fig. 5*, die de ogenblikswaarden i van de lasstroom en v van de spanning tussen lasstaaf en werkstuk als functie van de tijd weergeven. Men ziet dat het interval τ, waarin de volle nullastspanning aanwezig is, hier 8 periodes van de netspanning (frequentie 50 Hz) duurt, dus minder dan

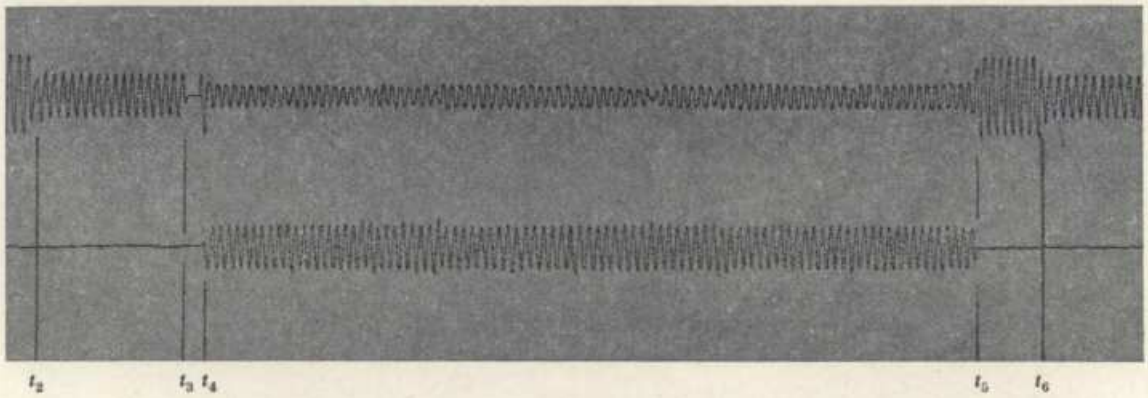


Fig. 5. Oscillogrammen van de spanning aan de lasstaaf en de lasstroom (ogenblikswaarden v resp. i). De tijdstippen $t_2, \ldots t_6$ komen overeen met die in fig. 4. Het interval τ beslaat 8 periodes van de netspanning (frequentie 50 Hz), $< 0{,}2$ s. In ca. 1 periode na het aantikken komt de stroom tot stand.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

0,2 s. Ook is uit deze oscillogrammen af te lezen dat bij het wegvallen van de spanning (door het aantikken) het dan niet meer vertraagde relais zeer snel afvalt: in 1 tot 1,5 periode (0,02 tot 0,03 s) begint de stroom te lopen.

Uitvoering

In fig. 3 werd het relais *Re* eenvoudigheidshalve voorgesteld als een wisselstroomrelais. Een relais dat op gelijkstroom werkt, heeft echter zekere voordelen, vooral als men het een kunstmatige vertraging

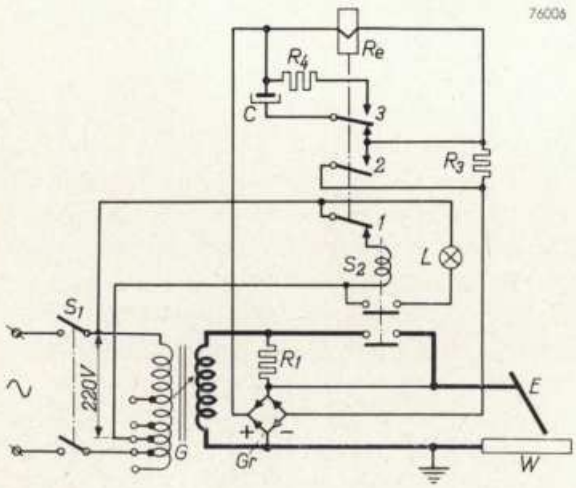


Fig. 6. Volledig schema van de beveiligingsinrichting. *Gr* kleine seleengelijkrichter. R_3 weerstand en *C* condensator die samen de vertragingsinrichting vormen (*T* in fig. 3). R_4 weerstand en *3* contact voor het ontladen van de condensator. *L* signaallamp. Betekenis van de overige letters als in fig. 3.

wil geven. In werkelijkheid gebruiken wij dan ook een gelijkstroomrelais. Het wordt gevoed uit een kleine, volgens Graetz geschakelde, gelijkrichter (*Gr*, *fig. 6*), die met zijn wisselstroomklemmen de plaats van de weerstand R_2 (fig. 3) inneemt. De vertraging van het relais wordt verkregen door middel van een condensator (*C*), die parallel met de relaisspoel is geschakeld, en een weerstand (R_3), die zich in serie met deze parallelschakeling bevindt. De vertragingstijd τ hangt af van *C* en R_2. Het wegnemen van de vertraging geschiedt door het relaiscontact *2* de weerstand R_3 te laten kortsluiten en door tegelijk een derde relaiscontact (*3*) de condensator van de spoel te laten losnemen; de condensator ontlaadt zich dan over een weerstand (R_4).

Als extrabeveiligingsmaatregel is het toestel voorzien van een signaallamp, die rood oplicht zolang de electromagnetische schakelaar (S_2) in de aangetrokken toestand staat en dus de eventueel gevaarlijke nullastspanning aanwezig kan zijn. Deze lamp brandt even als men de netschakelaar inzet, brandt niet tijdens de rusttijden en brandt wel tijdens het lassen. Mocht de schakelaar S_2, door een mechanisch of electrisch gebrek, in de aangetrokken stand blijven staan, dan wordt dat eveneens door het rode licht kenbaar gemaakt.

Het inwendige van het toestel (type PE 3100) is afgebeeld in *fig. 7*, waarop verscheidene van de besproken onderdelen zichtbaar zijn.

Enkele woorden willen we hier nog wijden aan de electromagnetische schakelaar. Deze mag gebruikt worden voor lasstromen tot 500 A. In verhouding tot deze stroom is hij bijzonder klein, wat mogelijk is, in de eerste plaats dank zij het feit dat hij stroomloos uitschakelt, en ook dank zij de wijze waarop de stroom wordt gesloten. Een bekende moeilijkheid bij vele electromagnetische schakelaars is namelijk dat bij het inschakelen de tegen elkaar slaande contacten even klapperen. Hierdoor ontstaan stroomonderbrekingen, met boogvorming, die de contacten sterk aantast. Bij onze schakelaar is dit voorkomen door bij het inschakelen het contactstuk (*4-4'*, fig. 7), dat dan omhoog wordt getrokken,

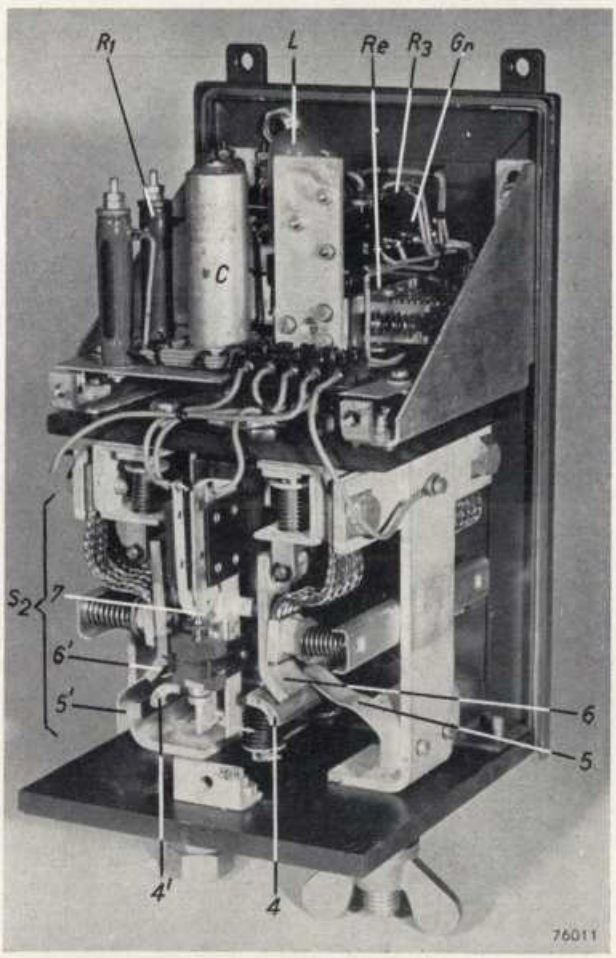


Fig. 7. De beveiligingsinrichting type PE 3100 (kap afgenomen). *4-4'* beweegbaar contactstuk van de electromagnetische schakelaar S_2. *5* en *5'* voorcontacten, *6* en *6'* hoofdcontacten, *7* hulpcontact voor de signaallamp *L*. Voor de betekenis van *Re*, *C*, R_1, R_3 en *Gr* zie fig. 3 en fig. 6.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

eerst in aanraking te doen komen met voorcontacten (*5* en *5'*), elk bestaande uit een bladveer, die zo slap is dat geen klapperen optreedt; hierbij wordt de stroomkring zonder onderbreking gesloten. Pas daarna slaat het bewegende contact tegen de hoofdcontacten (*6* en *6'*); of het daarbij klappert, is onverschillig, want de voorcontacten liggen nog steeds aan. De voorcontacten hebben natuurlijk van het stroomsluiten wel enigszins te lijden, maar zij zijn gemakkelijk te vervangen, zoals uit fig. 7 blijkt. De hoofdcontacten en het bewegende contact bestaan uit een zeer slijtvaste legering van koper en chroom. Bij een schakelproef is gebleken dat na 100 000 maal schakelen met 500 A deze laatste contacten nog geheel gaaf waren en dat de voorcontacten wel enige inbrandverschijnselen te zien gaven, maar volstrekt niet in die mate dat vervanging noodzakelijk was.

Uit de boven gegeven beschrijving zal het duidelijk zijn dat de beveiligingsinrichting dienst kan doen bij ieder type lasgenerator en dat aan deze laatste niets behoeft te worden veranderd. Dit in tegenstelling tot wat het geval is bij verschillende andere beveiligingsinrichtingen. Ook daar wordt de nullastspanning verlaagd door een spanningsdeler, doch deze bevindt zich aan de primaire zijde van de lastransformator of -gelijkrichter en bestaat uit de primaire spoel van de transformator en een voorgeschakelde smoorspoel, welke laatste bij het lassen automatisch wordt kortgesloten. Een dergelijke spanningsdeler heeft altijd een vrij kleine impedantie. Dat bij onze inrichting de spanningsdeler zich aan de secundaire zijde bevindt en een grote impedantie heeft, levert een reeks van voordelen op, namelijk:

a) De vrij grote smoorspoel — die voor verschillende netspanningen van een aantal aftakkingen moet zijn voorzien — komt te vervallen; in plaats ervan is slechts een kleine weerstand nodig (R_1, fig. 7).

b) Daar de primaire zijde van de lasgenerator niet bij de beveiligingsinrichting is betrokken, behoeft men aan de schakeling van eventuele cos φ-condensatoren niets te wijzigen.

c) Om dezelfde reden als bij b) kan men de inrichting gebruiken bij een meervoudige lasinstallatie met gemeenschappelijke transformator, zoals men veel op scheepswerven aantreft. De schakeling is weergegeven in *fig. 8*, waaruit gemakkelijk is te begrijpen dat daar een beveiligingsinrichting die aan de primaire zijde werkt, in het geheel niet in aanmerking komt.

d) Dank zij de grote weerstandswaarden van R_1 en R_2 (fig. 3) is een vrij slecht contact tussen lasstaaf en werkstuk al voldoende om de spanning V zodanig te verlagen dat via het relais de schakelaar S_2 wordt bekrachtigd. Bij een spanningsdeler met kleine impedantie daarentegen is een goed contact nodig — dwz. een geroest werkstuk

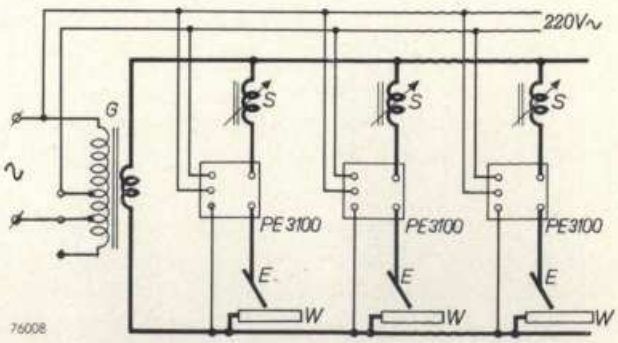


Fig. 8. Schakeling van een meervoudige lasinstallatie met gemeenschappelijke transformator (*G*). Het dalen van de *V-I*-kromme (vgl. fig. 1) wordt in dit geval maar voor een klein deel veroorzaakt door de transformator; in hoofdzaak is het verkregen door smoorspoelen (*S*), waarvan er bij iedere lasplaats (werkstuk *W*, lasstaaf *E*) een is aangebracht. De zelfinductie van de smoorspoelen is instelbaar, ter regeling van de lasstroom.

Ook in zulk een installatie kan de beveiligingsinrichting PE 3100 worden gebruikt, zoals in de figuur is weergegeven.

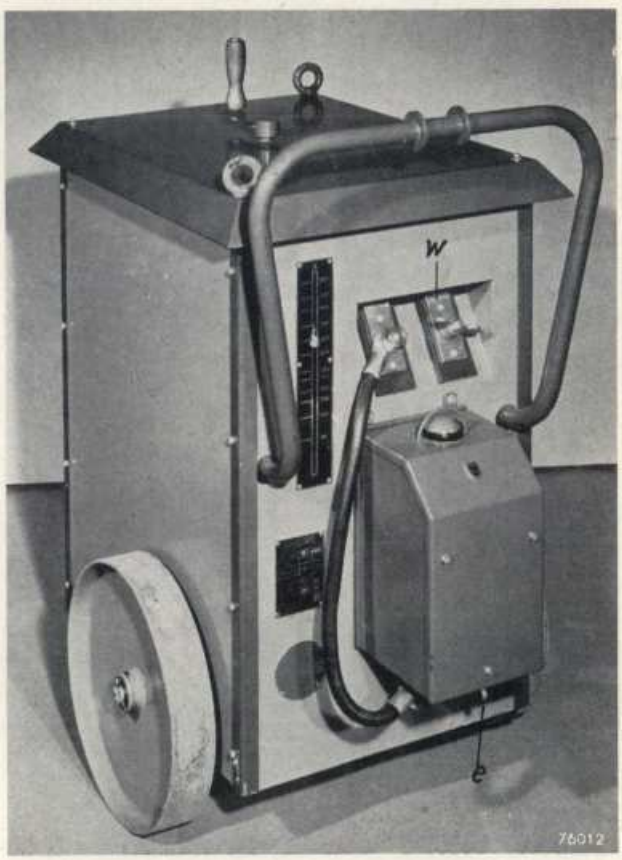


Fig. 9. De beveiligingsinrichting PE 3100 gemonteerd op een lastransformator (type 3565) voor max. 500 A. Het werkstuk moet worden aangesloten op de klem *w*, de lasstaaf op de klem *e*.

De lasstroom kan worden ingesteld met de kruk boven op de transformator en is afleesbaar op de schaal naast de aansluitklemmen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

moet men tevoren schoonmaken — om te bewerkstelligen dat de spanningsdeler buiten werking wordt gesteld.

Het aansluiten van onze beveiligingsinrichting beperkt zich tot het volgende:

1) het leiden van de lasstroom over de contacten van de electromagnetische schakelaar, doch dit betreft slechts uitwendige verbindingen, zoals blijkt uit *fig. 9*, waarin men de inrichting gemonteerd ziet op een lastransformator;
2) het aanbrengen van een verbinding met de generatorklem (*w*) waarmee ook het werkstuk wordt verbonden (*fig. 10*);

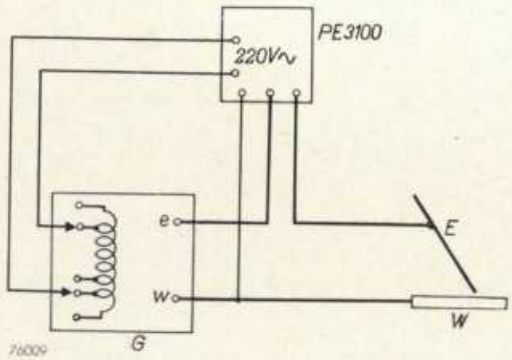


Fig. 10. Voor het aansluiten van de beveiligingsinrichting PE 3100 is niet meer nodig dan:
1) het doorleiden van de lasstroom, van klem *e* naar lasstaaf *E*,
2) een verbinding met de andere klem (*w*), waarop het werkstuk (*W*) wordt aangesloten, en
3) een voeding met 220 V wisselspanning (te betrekken van de netzijde van de lasgenerator *G*).

3) het voeden met 220 V wisselspanning.

Deze laatste spanning is steeds, ook als de netspanning een andere waarde mocht hebben, te vinden aan de aftakkingen op de primaire spoel van de las- of de gelijkrichtertransformator, en in de meeste gevallen ook aan de motor die de lasdynamo drijft.

Samenvatting. De nullastspanning van de meeste booglasgeneratoren heeft een waarde (bijv. 80 V) die voor de lasser in sommige omstandigheden niet ongevaarlijk is, maar die men niet kan verlagen zonder de laseigenschappen aanzienlijk slechter te maken. Beschreven wordt een beveiligingsinrichting die de kans op levensgevaar verwaarloosbaar klein maakt en de laseigenschappen niet aantast. Ze berust hierop dat een spanningsdeler de spanning tussen de lasstaaf en het (geaarde) werkstuk tot een onder alle omstandigheden ongevaarlijke waarde verlaagt zolang men niet last, en dat, zodra men gaat lassen, de spanningsdeler automatisch buiten werking wordt gesteld, zodat dan de volle nullastspanning ter beschikking komt. Dit buiten werking stellen gebeurt door een schakelaar met een zekere vertraging (0,2 s, in overeenstemming met een voorschrift van de Nederlandse Arbeidsinspectie); daaraan is te danken dat de schakelaar altijd stroomloos uitvalt en dat de lasser geen hinder ondervindt van korte onderbrekingen van de lasstroom. De genoemde spanningsdeler bevindt zich aan de secundaire zijde van de lasgenerator en heeft een grote impedantie. Dit heeft ten opzichte van de meer gebruikelijke schakelingen met een spanningsdeler aan de primaire zijde en met noodzakelijkerwijs kleine impedantie een aantal voordelen, namelijk deze dat de inrichting op iedere lasgenerator (transformator, gelijkrichter, dynamo) gemakkelijk is aan te brengen, dat aan de schakeling van eventuele cos φ-condensatoren niets behoeft te worden veranderd, dat de inrichting even goed bruikbaar is bij meervoudige lasinstallaties met gemeenschappelijke transformator, en dat een bijzonder goed contact tussen lasstaaf en werkstuk bij het trekken van de boog geen vereiste is. De beschreven uitvoering (type PE 3100) is geschikt voor lasstromen tot 500 A.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN WEST-EUROPEES TELEVISIENET TER GELEGENHEID VAN DE KRONINGSFEESTEN TE LONDEN

621.397.743

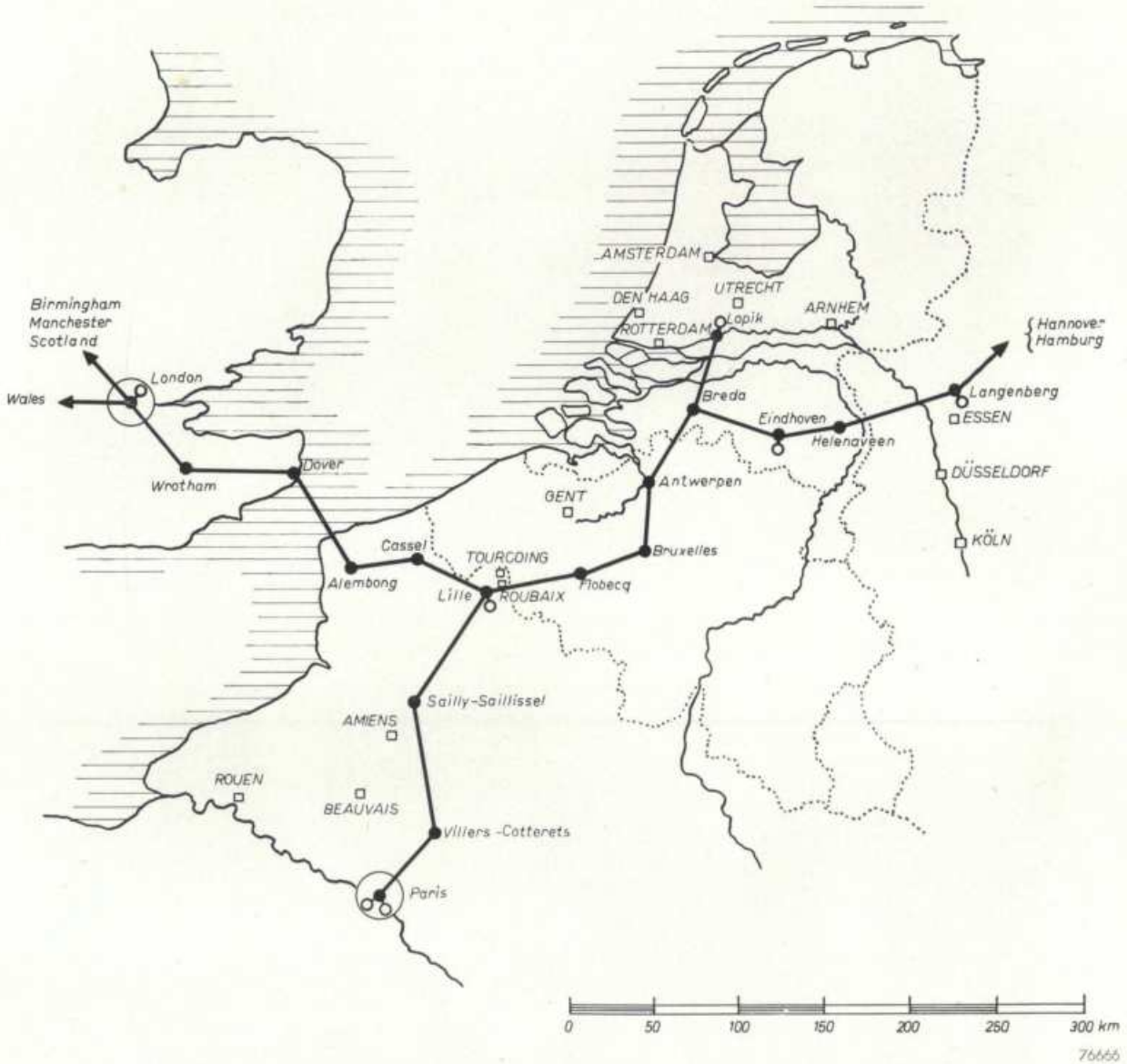


Fig. 1. Kaart van het deels nog provisorische Europese televisienet. De cirkeltjes stellen televisiezenders voor, de zwarte stippen straalzenders en -ontvangers.

Het behoeft geen betoog dat de plechtigheden ter gelegenheid van de kroning van Koningin Elizabeth II (2 Juni 1953) een dankbaar object voor de Britse televisie hebben gevormd. Men heeft echter verder willen gaan en deze gebeurtenis als aanleiding genomen om een internationaal televisienet in te richten — zij het ook provisorisch —, waarover het Engelse programma kon worden gerelayeerd in Frankrijk, Nederland en West-Duitsland.

Dit net bestaat uit verscheidene tussenstations (*fig. 1*), die van straalzenders en -ontvangers zijn voorzien. Zij brengen uitsluitend het beeldsignaal over; voor het geluid maakt men gebruik van telefoonlijnen.

In Nederland bevindt zich een tussenstation te Breda, dat het beeldsignaal opvangt uit Antwerpen en het doorgeeft naar de Nederlandse televisiezenders te Lopik en te Eindhoven. Van Eindhoven wordt het signaal, via een ander tussenstation (Helenaveen), doorgezonden naar Duitsland. De apparatuur vanaf Lille tot en met Lopik en Helenaveen is vervaardigd door Philips' Telecommunicatie-Industrie te Hilversum.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 2. Oplegger met „lijnenvertaler" 405-625 lijnen, aan de voet van de kerktoren te Breda waarop zich een straal-ontvanger en twee straalzenders bevinden.

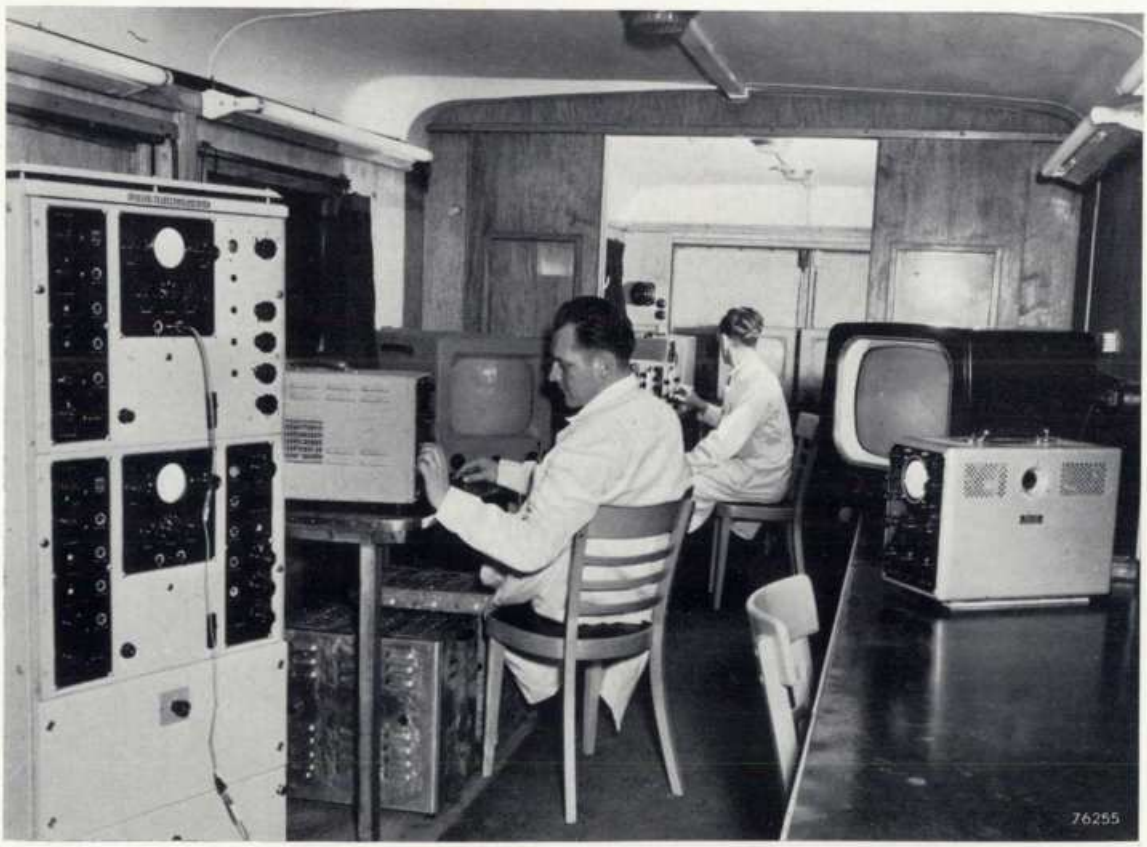


Fig. 3. Interieur van de te Breda gestationneerde oplegger. Geheel achterin, niet goed zichtbaar op deze foto, bevindt zich de lijnenvertaler. Daarnaast staan een contrôle-ontvanger voor 405 lijnen en een voor 625 lijnen. Links op de voorgrond een kast met generatoren van de lijn- en de rasterfrequentie voor het systeem met 625 lijnen. De rasterfrequentie wordt door frequentiedeling uit de lijnfrequentie verkregen en gelijkgemaakt aan de rasterfrequentie van het Engelse systeem.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 4. De te Breda gebruikte lijnenvertaler 405-625 lijnen. Links de kast met de weergeefbuis, waarop het beeld van 405 lijnen verschijnt, rechts de camera met beeldiconoscoop, die het beeld opneemt en met 625 lijnen aftast.

Twee punten van het net zijn van bijzonder belang, namelijk die waar wordt overgegaan van de Britse norm (405 beeldlijnen) op de Franse (819 lijnen) resp. op de in Nederland en Duitsland geldende norm (625 lijnen). De hiervoor nodige „lijnenvertalers" bevinden zich te Parijs resp. Breda.

De lijnenvertaler te Breda is ondergebracht in een voor dit doel ingerichte oplegger; *fig. 2* laat het uitwendige, *fig. 3* het inwendige van deze wagen zien. De lijnenvertaler zelf is afgebeeld in *fig. 4*. Hij bestaat uit een weergeefbuis, waarop het uit Antwerpen ontvangen beeld van 405 lijnen wordt zichtbaar gemaakt, en een speciale televisiecamera, die dit beeld opneemt en het volgens het 625-lijnensysteem aftast. Het principe is dus zeer eenvoudig, maar er zijn verscheidene maatregelen nodig om het optreden van allerlei storende effecten te voorkomen. Deze maatregelen zullen wellicht het onderwerp van een later artikel in dit tijdschrift vormen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

FOCUSSERING MET FERROXDURE-MAGNETEN IN TELEVISIEWEERGEEFBUIZEN

door J. A. VERHOEF. 621.318.124:621.385.832:621.397.62

In de jaren 1950 en 1951 werd door Philips het Ferroxdure, een keramisch materiaal voor permanente magneten, ontwikkeld. Eén van de belangrijkste toepassingen die dit nieuwe materiaal tot nu toe heeft gevonden, en waarbij de bijzondere eigenschappen goed tot hun recht komen, is die voor de vervaardiging van focusseermagneten voor weergeefbuizen.

Magnetische electronenlenzen

Voor de focussering van de electronenbundel in televisieweergeefbuizen maakt men gewoonlijk gebruik van een magnetische electronenlens. De lenswerking wordt teweeggebracht door een radiaalsymmetrisch magnetisch veld waarvan de symmetrie-as (z-as) tevens de electronenoptische as van de lens is. De brandpuntsafstand f wordt gevonden uit:

$$\frac{1}{f} = \frac{0{,}0347}{V} \int_{z=-\infty}^{z=+\infty} H_z^2 \, dz \, . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Hierin is V het potentiaalverschil dat de electronen doorlopen hebben voordat zij de lens binnentreden, en H_z de magnetische veldsterkte op de as van de lens [1]).

Gebruikt men een electromagnetische lens, dan varieert zowel V als H_z enigszins met de netspanning. Men kan de schakeling zodanig maken dat deze variaties elkaars invloed op de lenssterkte grotendeels compenseren. Dit is natuurlijk niet meer mogelijk als men een permanent magnetische lens gebruikt, omdat dan alleen V met de netspanning varieert. Toch prefereert men voor de focussering in weergeefbuizen tegenwoordig deze lenzen meestal boven electromagnetische. De voedingsapparatuur van het televisietoestel behoeft dan namelijk niet het aanzienlijke vermogen te leveren dat nodig is voor de bekrachtiging van een electromagneet en kan daardoor goedkoper worden. Tegelijk vervalt een van de warmtebronnen in het toestel. Ook zijn de fabricagekosten van een lens met permanente magneet belangrijk geringer dan die van een electromagnetische lens.

Bij de conventioneel geconstrueerde permanent magnetische lens staat tegenover de genoemde voordelen het ernstige nadeel dat het veld zich veel verder uitstrekt langs de as dan het veld van een electromagnetische lens van dezelfde sterkte. Wij zullen nu eerst bespreken waarom een groot spreidingsveld nadelig is; vervolgens zullen wij iets nader ingaan op de principiële verschillen tussen electromagnetische en permanent magnetische lenzen, om ten slotte te laten zien hoe men het spreidingsveld bij permanent magnetische lenzen aanzienlijk kan beperken. Het zal daarbij blijken dat voor het beoogde doel een magnetisch materiaal met grote coërcitiefkracht nodig is. Er bestaan „Ticonal"-soorten die aan deze eis voldoen. Een bijzonder economische oplossing echter wordt verkregen door gebruik te maken van Ferroxdure, het nieuwe keramische materiaal voor permanente magneten, waarvan een grote coërcitiefkracht een kenmerkende eigenschap is [2]). Behalve de lage prijs van Ferroxdure is ook van belang dat dit materiaal een simpele constructie mogelijk maakt.

Enige gevolgen van een sterk spreidingsveld

De electronenlens bevindt zich om de hals van een weergeefbuis tussen de ionenvalmagneet en de afbuigspoelen (*fig. 1*). Vooral als een buis met korte hals wordt gebruikt [3]), komen deze drie onderdelen zo dicht bij elkaar dat het spreidingsveld van de conventionele permanent magnetische lens nog een belangrijke waarde heeft ter plaatse van de

[1]) Met de gebruikte constante is de formule geldig in het gerationaliseerde Giorgistelsel. V wordt dus uitgedrukt in volts, z en f in m en H_z in A/m (1 A/m = 1,257·10^{-2} oersted).
De geldigheid is beperkt tot het geval dat de lens „dun" is, dwz. dat de afstand waarover het veld op de as een merkbare waarde heeft, klein is ten opzichte van voorwerps- en beeldsafstand. Is de lens niet dun, dan moet de uitdrukking (1) aangevuld worden met andere termen. Ook daarin komt H_z uitsluitend voor in even machten, zodat de brandpuntsafstand steeds onafhankelijk is van het teken van H_z, een feit waarvan het belang aanstonds zal blijken.

[2]) J. J. Went, G. W. Rathenau, E. W. Gorter en G. W. van Oosterhout, Ferroxdure, een groep nieuwe materialen voor permanente magneten, Philips techn. T. **14**, 33-48, 1952.

[3]) De redenen waarom men de hals van een weergeefbuis kort wil houden en de middelen die men daarvoor toepast zijn onlangs uiteengezet in dit tijdschrift; zie J. L. H. Jonker, Een directzichtbuis voor televisieontvangers van kleine afmetingen, Philips techn. T. **15**, 10-16, 1953 (No. 1).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

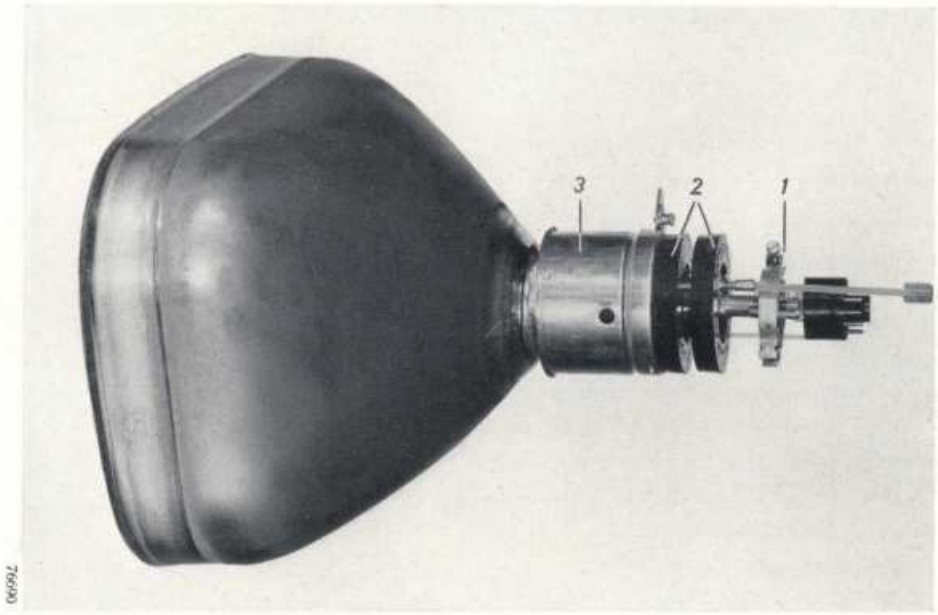


Fig. 1. Televisieweergeefbuis (beelddiagonaal = 36 cm) met om de hals gemonteerd: de ionenvalmagneet *1*, de electronenlens *2* en de afbuigspoelen *3*.

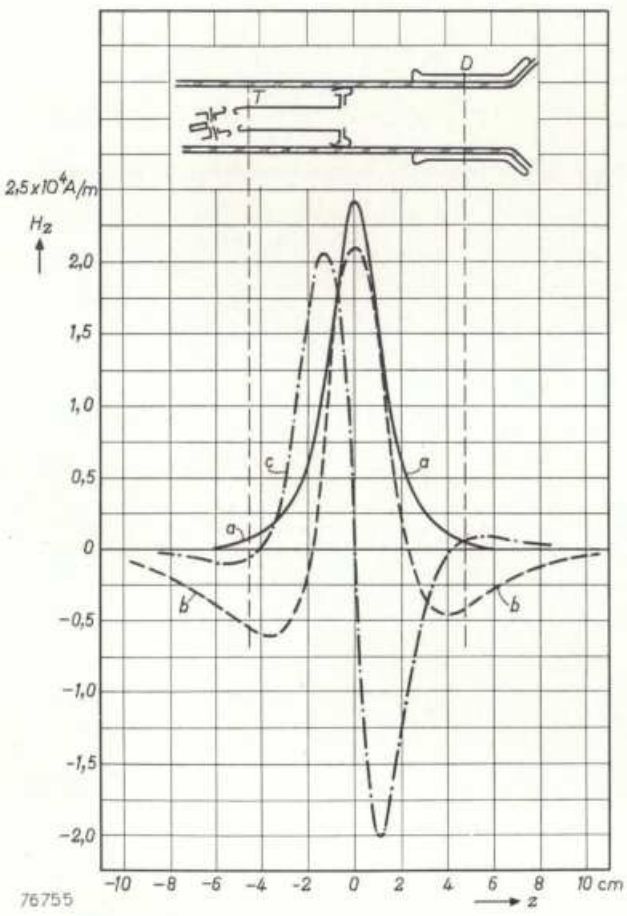


Fig. 2. Veldverloop langs de as van een weergeefbuis van een electromagnetische lens (kromme *a*), een conventionele permanent magnetische lens (kromme *b*), en een permanent magnetische lens van het nieuwe type (kromme *c*). Op de plaatsen *T* en *D* van de ionenval en van de afbuigspoelen geeft het tweede type lens een sterk spreidingsveld.

ionenvalmagneet en van de afbuigspoelen (*fig. 2*). Het gevolg is dat, als de positie of de sterkte van de lens wordt gewijzigd, ook de hoek verandert waarover de electronenbundel in de ionenvalmagneet wordt afgebogen (*fig. 3*). De bundel gaat dan scheef door de buis lopen, waardoor het raster, dat door de electronenstraal op het scherm van de buis

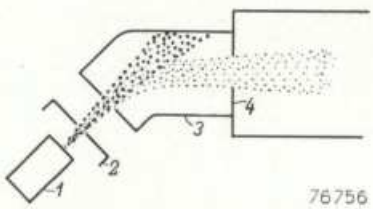


Fig. 3. Schematische voorstelling van een ionenval. De electronenbundel die de kathode *1* verlaat, bevat steeds negatieve ionen, die het scherm van de buis zouden beschadigen. Een plaatselijk magneetveld loodrecht op het vlak van tekening buigt de electronenbundel af zodat hij door de opening in het diafragma *4* gaat. De ionen (dikke stippen) worden door dit veld nauwelijks afgebogen en vallen dus op de anode *3*. *2* is het stuurrooster.

wordt geschreven, niet meer goed gecentreerd is. Bovendien zal nu een gedeelte van de bundel worden weggevangen door het diafragma (fig. 3), zodat de helderheid van het beeld vermindert. Het spreidingsveld ter plaatse van de afbuigspoelen veroorzaakt een draaiing en tevens een vervorming van het beeld, die veranderen als men de lens regelt. Door een hernieuwde instelling van de ionenvalmagneet en van de afbuigspoelen kan voor deze afwijkingen wel weer gecorrigeerd worden, maar de onderlinge afhankelijkheid van de instelling van de electronenlens enerzijds en van de ionenvalmagneet en de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

afbuigspoelen anderzijds is minder gewenst, nog afgezien van het feit dat de kwaliteit van de lichtstip op het scherm ongunstig beïnvloed blijft.

Electromagnetische en conventionele permanent magnetische electronenlenzen

Een electromagnetische lens bestaat uit een spoel waarom een weekijzeren mantel, inwendig voorzien van een luchtspleet, is aangebracht (*fig. 4a*). Met de stroomsterkte door de spoel regelt men de sterkte van de lens. Een permanent magnetische lens van conventionele constructie bestaat uit een axiaal gemagnetiseerde ring van „Ticonal" of een dergelijk magneetstaal, voorzien van poolschoenen (*fig. 5a*). De sterkte van zo'n lens kan bijv. worden geregeld door middel van een verschuifbare weekijzeren ring. Hoe meer deze ring de luchtspleet tussen de poolschoenen overbrugt, des te meer wordt de luchtspleet kortgesloten en des te zwakker wordt de lens. In fig. 4*b* en 5*b* is voor de twee lenstypen de veldsterkte langs de as uitgezet. Het essentiële verschil is dat bij een electromagnetische lens de veldsterkte nergens negatief wordt, terwijl dit bij de permanent magnetische lens noodzakelijkerwijze wel het geval is. Rekenen wij de oppervlakte tussen de krommen en de z-as positief boven en negatief onder deze as, dan is voor de permanent magnetische lens de totale oppervlakte steeds nul, terwijl deze voor de electromagnetische lens evenredig is met $n \cdot i$ (n is het aantal windingen van de spoel, i is de stroomsterkte).

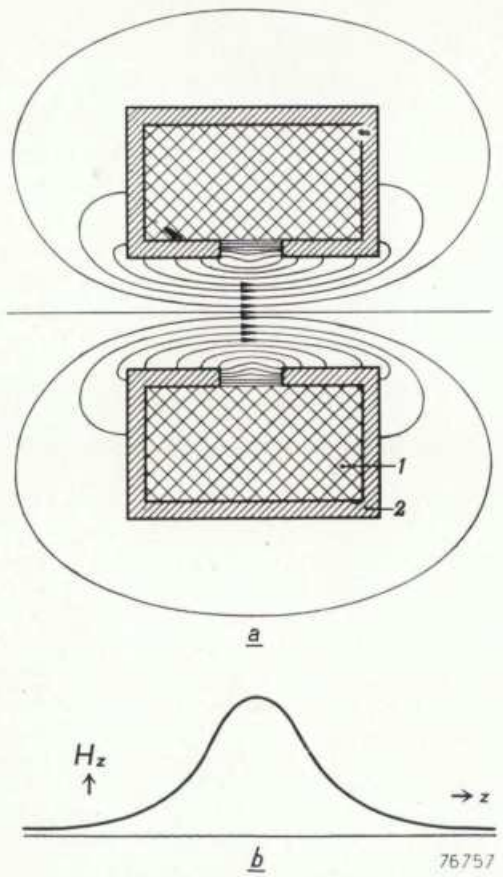


Fig. 4. *a*) Schematische voorstelling van de constructie en van het krachtlijnenverloop van een electromagnetische electronenlens. De spoel *1* is omgeven door een weekijzeren mantel *2* met luchtspleet. Met de stroom regelt men de sterkte van de lens.
b) Veldverdeling langs de as van de lens uit (*a*).

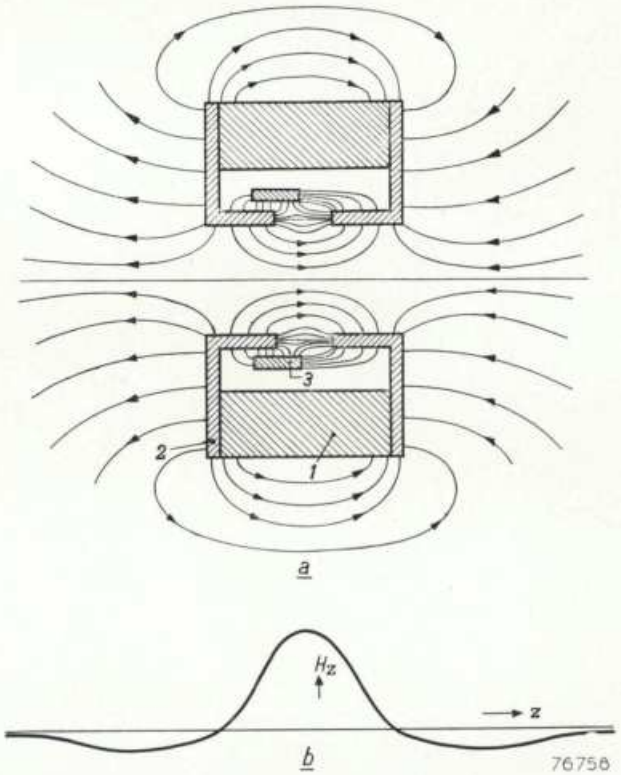


Fig. 5. *a*) Schematische voorstelling van de constructie en van het krachtlijnenverloop van een permanent magnetische electronenlens.
1 ringvormig stuk magneetstaal, *2* poolschoenen, *3* verschuifbare weekijzeren ring, waarmee men de sterkte van de lens regelt.
b) Veldverdeling langs de as van de lens uit (*a*). De algebraïsche som van de oppervlakten tussen de kromme en de z-as is hier nul.

Deze oppervlakte is namelijk een maat voor de lijnintegraal van de magnetische veldsterkte langs de as van de lens. Volgens de theorie van Maxwell is in het geval van permanente magneten:

$$\int_{z=-\infty}^{z=+\infty} H_z \, dz = 0,$$

doordat er geen electrische stromen vloeien. Voor de electromagnetische lens geldt daarentegen:

$$\int_{z=-\infty}^{z=+\infty} H_z \, dz = n \cdot i.$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De sterkte van een lens wordt bepaald door het verloop van H_z^2 (zie formule (1) en noot [1])), zodat het voor de lenswerking geen bezwaar is dat bij permanente magneten de lijnintegraal van de veldsterkte nul is. Bij de Ferroxdure-lens komt dit nog frappanter tot uiting dan bij een conventionele lens, zoals wij straks zullen zien.

Wij kunnen het verschil tussen een electromagnetische en een permanent magnetische lens ook op een meer aanschouwelijke wijze toelichten. Daartoe beschouwen wij eerst het veld van een cylindrische stroomfilm (lengte L en diameter D), die bijv. gerealiseerd kan worden door een stroom te sturen door een spoel van één laag van dun draad (draaddiameter klein ten opzichte van D). Dit veld kan met elementaire middelen berekend worden. In *fig. 6* is het verloop langs de as uitgezet voor verschillende waarden van de verhouding D/L. Men ziet dat, bij constante lengte L, het veld meer wordt geconcentreerd op de plaats waar zich de stroomfilm bevindt naarmate D afneemt. Denken wij de weekijzeren mantel om de spoel van de electromagnetische lens even weg, dan kan het veld van de spoel worden verkregen door superpositie van de velden der afzonderlijke windingslagen, dus van een aantal van de boven besproken stroomfilms met verschillende waarden van D/L. Het resulterende veld zal nog globaal de klokvorm hebben van de krommen uit fig. 6. Dit is anders bij een permanent magnetische lens. Zien we af van de poolschoenen, dan bestaat de lens uit een ringvormige permanente magneet. Wij nemen aan dat de ring in axiale richting homogeen is gemagnetiseerd en wij stellen ons voor dat de magnetisatie tot stand komt door atomaire kringstroompjes die liggen in vlakken loodrecht op de as van de magneet (*fig. 7*). De electrische ladingen die niet juist langs de binnen- of de buitenomtrek van de ring bewegen, neutraliseren elkaars invloed in de ruimte buiten de magneet. Het netto effect van de gehele magnetisatie, zoals dat in de ruimte buiten de magneet merkbaar is, is daardoor hetzelfde als het effect van twee stroomfilms van gelijke stroomsterkte per eenheid van lengte die langs de binnen- en de buitenomtrek aanwezig zijn met tegengestelde omloopzin. Door superpositie van de velden van deze stroomfilms vindt men het veld van de gemagnetiseerde ring (*fig. 8*).

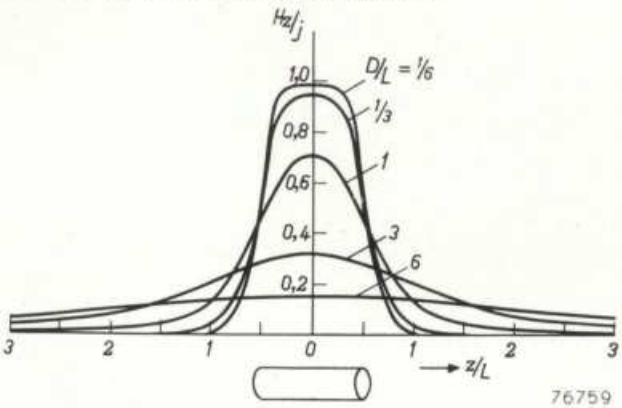


Fig. 6. Berekende veldverdeling langs de as van cylindrische stroomfilms van lengte L en diameter D, met D/L als parameter. De positie van de stroomfilm wordt aangegeven door het schetsje onder de grafieken. Het veld wordt meer uitgesmeerd langs de as naarmate D/L groter is. Verticaal is uitgezet H_z/j, waarin j de stroomsterkte is per eenheid van lengte van de stroomfilm. Drukt men j uit in A/m, dan vindt men ook H in A/m (gerationaliseerd dus 1 A/m $\approx$ 1/80 oersted).

Het gevolg van het aanbrengen van de weekijzeren mantel om de stroomspoel, in het geval van de electromagnetische lens, kan men enigszins overzien door het veld op te vatten als superpositie van het oorspronkelijke spoelveld en het veld van de mantel, die in het spoelveld gemagnetiseerd wordt.

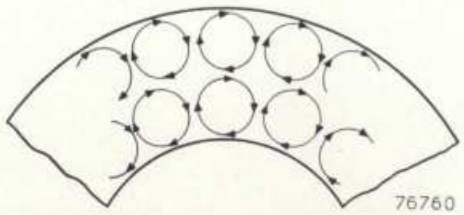


Fig. 7. De magnetisatie van een in axiale richting homogeen gemagnetiseerde ring kan men afkomstig denken van atomaire kringstroompjes in vlakken loodrecht op de as van de ring. Het veld buiten het gemagnetiseerde materiaal is dan hetzelfde als dat van twee stroomfilms die met tegengestelde omloopzin langs binnen- en buitenomtrek van de ring vloeien.

Door deze mantel wordt het veld meer geconcentreerd en het spreidingsveld beperkt (zie krachtlijnenverloop van fig. 4*a*). Voerde men de mantel uit zonder luchtspleet, dan zou er toch een veld buiten de mantel blijven bestaan ($\oint H_l \, dl = n \cdot i$ blijft geldig!).

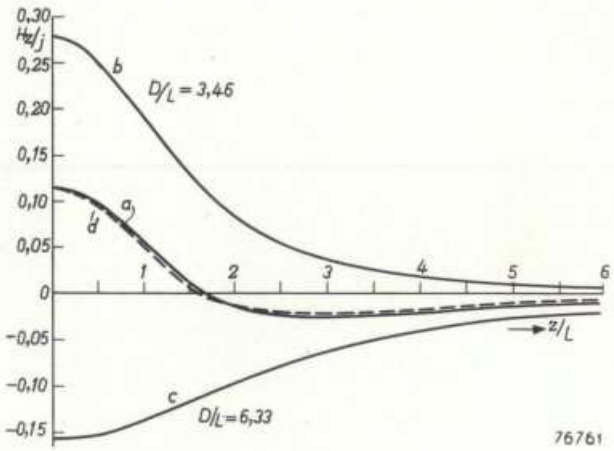


Fig. 8. Theoretisch veldverloop langs de as van een homogeen gemagnetiseerde ring (kromme *a*), verkregen door superpositie van de velden van stroomfilms langs binnen- en buitenomtrek (krommen *b* en *c*), waarvoor respectievelijk D/L = 3,46 en 6,33. Deze waarden gelden voor de Ferroxdure-ringen die voor focussering bij weergeefbuizen worden gebruikt. Kromme *d* geeft het gemeten veldverloop van een dergelijke ring. De maxima van de theoretische en de gemeten krommen hebben wij laten samenvallen. De geringe afwijkingen tussen de gemeten en de berekende krommen zijn te wijten aan de inhomogeniteit van de magnetisatie in axiale en in radiale richting. De krommen moeten symmetrisch ten opzichte van de as $z/L = 0$ worden voortgezet.

Van het krachtlijnenverloop bij de permanent magnetische lens met poolschoenen kan men zich een voorstelling maken door deze lens te zien als een magnetisch circuit met twee parallelle luchtspleten, nl. de nauwe luchtspleet aan de binnenzijde en de wijde „luchtspleet" buitenom. Het veld in laatstgenoemde „luchtspleet" is verantwoordelijk voor de negatieve delen van het veld op de as (fig. 5). Opheffing van deze negatieve delen van het veld is principieel onmogelijk, doordat de waarde van de lijnintegraal langs de as steeds nul moet zijn. Tracht men het negatieve veld op de as te vermijden, bijv. door ook de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

luchtspleet buitenom met behulp van poolschoenen te verkleinen, dan verzwakt men daarmee tegelijkertijd het nuttige veld van de binnenluchtspleet. Sluiting van één van de luchtspleten zou hier tot gevolg hebben dat het veld op de as geheel verdwijnt. De taak van de poolschoenen is hier voornamelijk het scheppen van een mogelijkheid tot regeling van de lenssterkte door de verschuifbare ring (fig. 5*a*), en het „uitsmeren" van afwijkingen van de rotatiesymmetrie in de magnetisatie van de magneetringen.

Focussering met Ferroxdure-magneten

Om het spreidingsveld te beperken, is door Philips een lens ontwikkeld die bestaat uit twee platte ringen van Ferroxdure, waarvan de assen samenvallen en die axiaal zijn gemagnetiseerd in tegengestelde richting (*fig. 9*). De spreidingsvelden compenseren elkaar nu grotendeels (*fig. 10*). De totale oppervlakte onder de kromme $H_z = f(z)$ blijft natuurlijk nul, want dit is bij iedere combinatie van permanente magneten het geval. Zoals reeds eerder werd opgemerkt, is dit geen bezwaar voor een goede lenswerking, daar de sterkte van de lens uitsluitend wordt bepaald door het verloop van H_z^2 (gestippeld in fig. 10*b*).

Gezien de waarde van $(BH)_{max}$, die voor Ferroxdure geringer is dan voor het „Ticonal" E magneetstaal dat men gewoonlijk gebruikt voor de conventionele permanent magnetische lens, zal het geen verwondering wekken dat men een groter totaal volume Ferroxdure dan „Ticonal" E nodig heeft voor de vervaardiging van een lens van gegeven sterkte [4]). Ondanks dit feit en ondanks de splitsing van het totale volume in twee afzonderlijke ringen blijft de gehele lens toch even kort als de conventionele lens, dank zij de platte vorm van de ringen. Deze platte vorm is mogelijk door de grote coërcitiefkracht van Ferroxdure. De veldsterkte nodig om de magnetisatie tot nul te reduceren is hier namelijk ongeveer $2{,}4 \cdot 10^5$ A/m (3000 Oe) terwijl deze bijv. voor „Ticonal" E slechts $0{,}53 \cdot 10^5$ A/m (660 Oe) bedraagt. Vergeleken met „Ticonal" E wordt Ferroxdure daardoor veel minder ontmagnetiseerd door het veld dat afkomstig is van de magnetische polen die optreden aan de eindvlakken van een ring. Maakt men, bij een constant volume van het magneetmateriaal en bij een constante binnenstraal, de axiale lengte L van de ring steeds kleiner en dus de radiale afmeting h groter (*fig. 11*), dan komen de polen die het ontmagnetiserende veld leveren steeds dichter bij elkaar en de sterkte van dit veld neemt toe. Bij toepassing van „Ticonal" E zal nu al spoedig

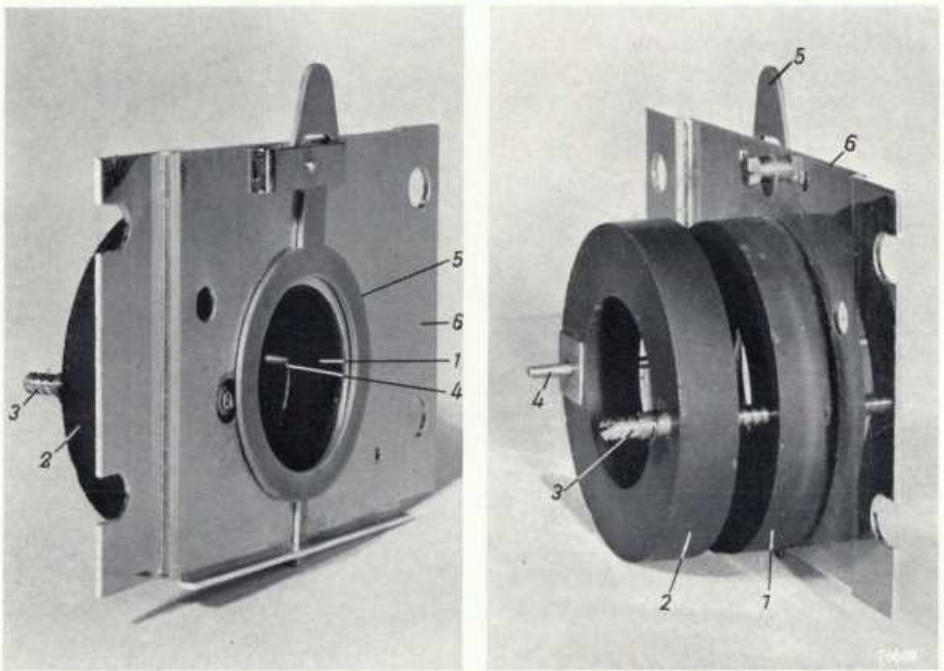
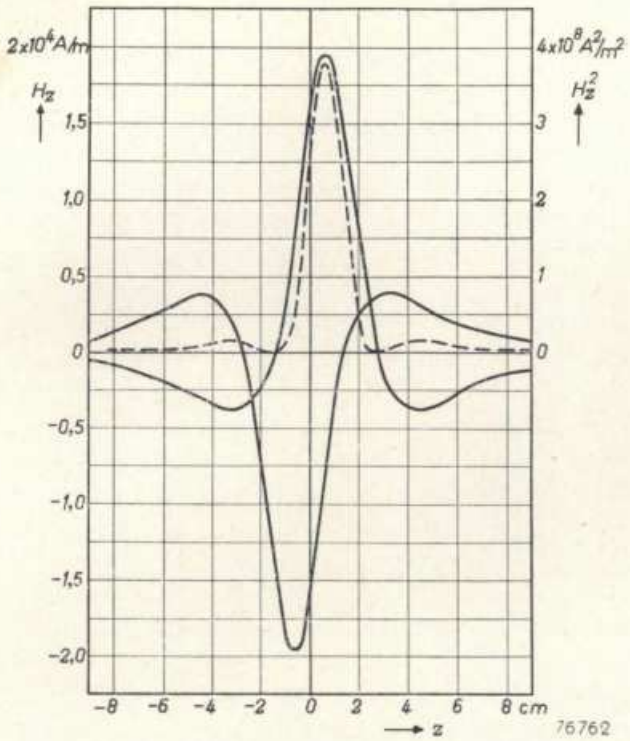


Fig. 9. Twee foto's van een focusseereenheid bestaande uit twee in axiale, maar tegengestelde, richting gemagnetiseerde ringen van Ferroxdure (*1* en *2*), waarvan de onderlinge afstand instelbaar is met de schroef *3*. *4* is een geleidingsstift, *5* een verschuifbare weekijzeren ring waarmee men de electronenbundel kan centreren. De plaat *6* is van aluminium. De focusseereenheid zichtbaar in fig. 1 is enigszins anders uitgevoerd.

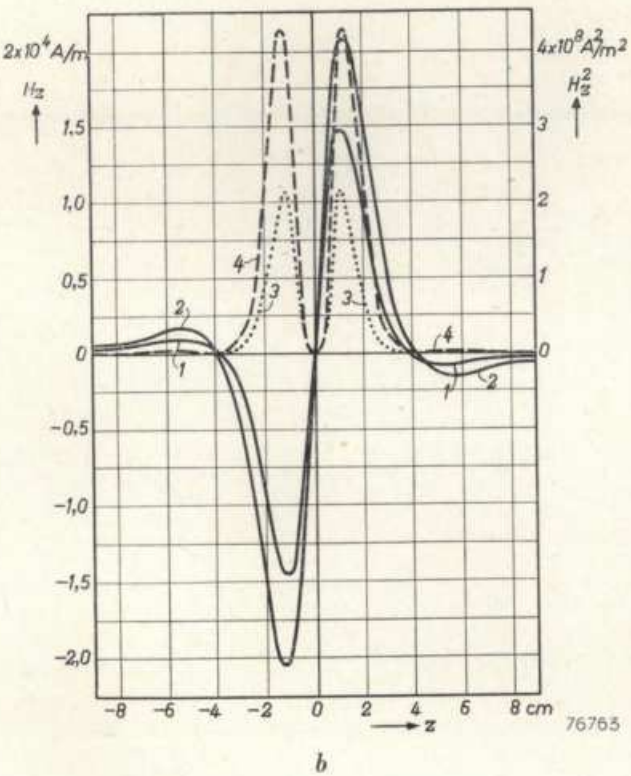
[4]) Zie A. Th. van Urk, Het gebruik van moderne staalsoorten voor permanente magneten, Philips techn. T. **5**, 33-40, 1940. Over de rol die het product $(BH)_{max}$ speelt wordt ook in het in noot [2]) aangehaalde artikel op blz. 35 en blz. 42 iets gezegd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a



b

Fig. 10. *a*) De velden langs de as van de twee afzonderlijke Ferroxdure-ringen zijn hier in één figuur verenigd, verschoven over een afstand die correspondeert met tegen elkaar aanliggende ringen. Voor één van de ringen (de rechtse) is gestippeld het verloop van H_z^2 ingetekend.
b) Kromme *1* geeft het resulterend veldverloop langs de as van de lens met tegen elkaar aanliggende ringen, kromme *2* geeft hetzelfde verloop bij een onderlinge afstand van 10 mm. De gestippelde krommen *3* en *4* geven het verloop van H_z^2 langs de as voor deze twee gevallen.

dit veld de magnetisatie practisch geheel doen verdwijnen, zodat men dit materiaal hier niet kan toepassen. Bij Ferroxdure kan men echter de ring zelfs zo dun maken als men wil zonder dat de magnetisatie tot minder dan 80% van de remanentie afneemt. In het extreme geval dat men de dikte van de ring gelijk aan nul maakt, wordt namelijk het werkpunt — d.i. het punt op de demagnetisatiekromme dat de magnetische toestand van het materiaal vastlegt — gevonden als het snijpunt van de rechte $J = -\mu_0 H$ met de demagnetisatie-

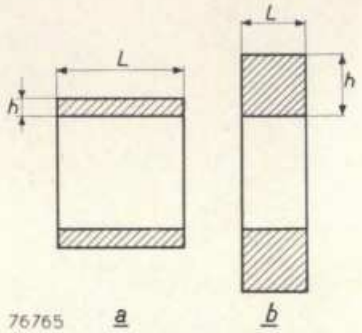


Fig. 11. Doorsneden van ringvormige magneten voor focussering in weergeefbuizen.
a) Bij gebruik van permanent magneetstaal in een lens van het conventionele type
b) Bij gebruik van Ferroxdure in een lens van het nieuwe type.

kromme (μ_0 is de permeabiliteit van vacuum). Men ziet in *fig. 12* het desastreuze gevolg voor „Ticonal" E (punt P_1) en de betrekkelijk geringe invloed op de magnetisatie van Ferroxdure (punt P_2). Toch mag men ook bij Ferroxdure met het dunner maken van de ring niet onbeperkt doorgaan. De tegengestelde polen op de twee zijvlakken zullen nl. elkaars veld in de ruimte buiten het magneetmateriaal hoe langer hoe meer gaan neutraliseren. Geheel volgens de verwachtingen neemt dan ook het veld op de as snel af als L belangrijk kleiner wordt dan h. Bij de toegepaste ringen is $L \approx h$ [5]).

De keramische Ferroxdure-ringen kunnen gemakkelijker voldoende homogeen worden vervaardigd dan ringen van magneetstaal. Daardoor vertoont de magnetisatie dezelfde rotatiesymmetrie als de ring en zijn er geen weekijzeren poolschoenen nodig om een rotatiesymmetrisch veld te verzekeren.

De sterkte van de Ferroxdure-lens wordt geregeld door de afstand tussen de twee ringen te variëren (fig. 9). Naarmate deze afstand groter is, compenseren de hoofdvelden elkaar minder en is de lens

[5]) Ook met „Ticonal" kan men een lens construeren van hetzelfde type als de beschreven Ferroxdure-lens. Men moet dan de „Ticonal"soort K toepassen, waarvan de demagnetisatiekromme voor de volledigheid eveneens in fig. 12 is opgenomen. Toepassing van Ferroxdure leidt echter tot een economischer oplossing.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dus sterker. De compensatie van de spreidingsvelden wordt dan minder goed, maar het gebied waarover de sterkte van de lens regelbaar is bij behoud van een redelijke compensatie, is minstens even groot als het regelgebied bij een conventionele permanent magnetische lens en is meestal zelfs

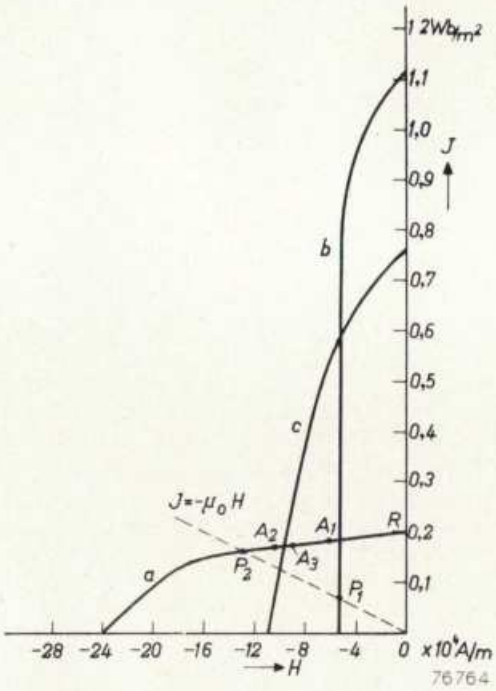


Fig. 12. Demagnetisatiekrommen van Ferroxdure (kromme *a*), van „Ticonal" E (kromme *b*) en van „Ticonal" K (kromme *c*). Men lette er op dat in verticale richting de magnetisatie J is uitgezet en niet de magnetische inductie. Het punt R geeft de remanente magnetisatie van Ferroxdure aan. Bij een focusseereenheid volgens fig. 9 bevindt het werkpunt van het Ferroxdure zich tussen A_2 en A_3, afhankelijk van de onderlinge afstand tussen beide ringen. A_1 is het werkpunt voor een enkele ring die niet door het veld van een andere magneet wordt beïnvloed. P_1 en P_2 zijn de werkpunten voor een zeer dunne vlakke plaat, respectievelijk van „Ticonal" E en van Ferroxdure.

groter. Onder een redelijke compensatie is daarbij te verstaan een compensatie waarbij de werking van de ionenvalmagneet en van de afbuigspoelen slechts weinig wordt beïnvloed door de electronenlens. De instelling van deze drie onderdelen kan dan onafhankelijk van elkaar geschieden. In een bepaald geval bleek het mogelijk een goede focussering van de electronenbundel te verkrijgen voor iedere versnellingsspanning tussen 10 en 20 kV (zie formule 1), door uitsluitend de onderlinge afstand van de twee ringen in te stellen tussen 0 en 12 mm.

De twee ringen, gemagnetiseerd in tegengestelde richting, bevinden zich in elkaars veld en oefenen daardoor een ontmagnetiserende werking op elkaar uit. Bevinden de ringen zich buiten elkaars invloedssfeer, dan ligt het werkpunt ongeveer in A_1 (fig. 12). Brengt men de ringen tegen elkaar, dan verplaatst het werkpunt zich naar A_2. Bij de gebruikelijke variatie in de afstand der ringen, beweegt het werkpunt zich reversibel ongeveer tussen A_2 en A_3. De plaats van het werkpunt is van belang omdat bij Ferroxdure de magnetisatie afhangt van de temperatuur en de temperatuurcoëfficient varieert met de plaats van het werkpunt. Ligt dit werkpunt in R, dan is de temperatuurcoëfficient ongeveer $-0{,}2\%$ per °C, maar in het gebied tussen A_2 en A_3 is deze ongeveer een factor 2 kleiner. Met enig overleg kan men televisietoestellen zo ontwerpen dat de temperatuurstijging van de magneetringen klein genoeg blijft om de invloed op de beeldscherpte onmerkbaar te maken.

In de practijk zal het lijnenraster nooit nauwkeurig op het scherm van de buis gecentreerd zijn indien daarvoor geen bijzondere instelinrichting aanwezig is. Bij de besproken Ferroxdure-lens wordt een dunne weekijzeren ring tegen de voorste magneet aangelegd (fig. 9). Door deze weekijzeren ring te verschuiven, bewerkt men een verschuiving van het raster over het scherm.

Samenvatting. Door toepassing van de bijzondere eigenschappen van Ferroxdure, het nieuwe keramische materiaal voor permanente magneten, is het mogelijk voor het focusseren van de electronenbundel in televisieweergeefbuizen op simpele wijze een permanent magnetische lens te construeren waarvan het spreidingsveld belangrijk geringer is dan dat van permanent magnetische electronenlenzen van het conventionele type. De lens bestaat uit twee, axiaal gemagnetiseerde ringen van Ferroxdure, die met de gelijknamige polen naar elkaar toe worden gemonteerd. De spreidingsvelden van de twee ringen compenseren elkaar dan grotendeels. De sterkte van de lens wordt geregeld door de onderlinge afstand van de ringen te variëren. De centrering van het raster op het beeldscherm wordt op eenvoudige wijze verkregen door verschuiving van een weekijzeren ring.

Verandering van de lenssterkte maakt geen correctie nodig van de instelling van de ionenvalmagneet en veroorzaakt slechts een verwaarloosbare draaiing van het beeld. De instelling van de ionenvalmagneet, van de lens zelf en van de afbuigspoelen wordt daardoor vereenvoudigd. Als gevolg van de simpele constructie en de lage prijs van Ferroxdure is de nieuwe electronenlens bovendien goedkoper dan de bestaande lenzen voor dit doel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

2030: J. A. Haringx: De wondertol (De Ingenieur **64**, O13-O17, 1952, No. 4).

Uitgaande van een reeks van mogelijke gedwongen regulaire praecessies laat de schrijver zien waardoor en onder welke voorwaarden de „tippetop" zijn karakteristiek gedrag vertoont. De verhouding van de hoofdtraagheidsmomenten blijkt binnen zekere grenzen te moeten liggen. Deze grenzen worden in afhankelijkheid van de excentriciteit van het zwaartepunt bepaald, alsmede de minimale vereiste beginrotatiesnelheid.

2031: J. M. Stevels: Les pertes diélectriques des verres et les renseignements qu'elles donnent pour l'étude de leur structure (Silicates industr. **16**, 325-328, 1951, No. 10; **17**, 15-18, 1952, No. 1).

Beschouwingen over de verliesfactor ($\mathrm{tg}\,\delta$) van glazen als functie van de frequentie (f), de temperatuur (T) en de chemische samenstelling, zowel van theoretisch als practisch standpunt. Het verband tussen $\mathrm{tg}\,\delta$, f en T wordt grafisch, of beter gezegd plastisch (daar het drie dimensies vereist), voorgesteld. Op de invloed van de chemische samenstelling wordt uitvoerig ingegaan.

2032: J. D. Fast: De invloed van verontreinigingen op de eigenschappen van metalen (Metalen **7**, 2-12, 23-27, 48-50, 1952, No. 1, 2 en 3).

Allereerst wordt de invloed van verontreinigingen in metalen in het algemeen besproken. Verontreinigingen in de vorm van insluitsels hebben vaak een schadelijke invloed op de mechanische eigenschappen, maar kunnen, doordat ze de kristalgroei verhinderen, soms ook gunstig werken. Gunstige effecten (mechanische en magnetische harding, vergroting der kruipvastheid bij hoge temperatuur) kunnen worden verkregen door insluitsels, gevormd door precipitatie uit een oververzadigde vaste oplossing. Dezelfde effecten zijn schadelijk als men mechanisch of magnetisch zachte materialen wenst. Door aan zuiver ijzer, en aan ijzer met 0,5 mangaan, nauwkeurig bekende hoeveelheden koolstof en stikstof toe te voegen en de eigenschappen van aldus kunstmatig verontreinigde metalen te bestuderen, kon een verklaring worden gegeven van het verschijnsel der magnetische verouding van staal. De invloed van verontreinigingen op het optreden van dislocaties wordt besproken in het licht van de theorie van Cottrell en van eigen experimenten. Diverse feiten op het gebied der vervormingsverouding kunnen aldus worden verklaard, maar een aantal andere feiten passen minder goed in deze theorie.

2033: F. A. Kröger, H. J. Vink en J. van den Boomgaard: Absorption and fluorescence of solid solutions MgO-NiO (Physica **18**, 77-82, 1952, No. 2).

Het absorptiespectrum van vaste oplossingen van de vorm MgO-NiO vertoont in het gebied van 2500 tot 8000 Å vijf discrete banden met maxima bij 2900 Å, 4000 Å, 4650 Å, 6700 Å en 7200 Å. Bij de temperatuur van vloeibare lucht vertonen de banden bij 4000 Å en 4650 Å een fijne structuur met $\Delta\sigma =$ 235 à 240 cm^{-1}. Magnesiumoxyde met 10^{-3} mol nikkeloxyde vertoont een groene cathodoluminescentie bij —180 °C in een gebied gelegen tussen 4600 Å en 5300 Å, die uit ten minste acht bandjes bestaat met een golfgetalverschil $\Delta\sigma = 194$ cm^{-1}. De beschreven banden worden toegeschreven aan overgangen tussen verschillende niveaus van het Ni^{2+}-ion, welke verbreed zijn door koppeling met roostertrillingen. Dit verklaart waardoor NiO onder invloed van straling in het gebied 2500 Å $<\lambda<$ 8000 Å geen fotogeleiding vertoont.

2034: W. J. Oosterkamp en J. Proper: Free air and thimble ionization chambers for Grenz-ray dosimetry (Acta Radiologica **37**, 33-43, 1952, No. 1).

Beschrijving van een standaard ionisatiekamer voor röntgenstralen met een halveringsdikte (H.V.D.) tussen 0,02 en 1 mm Al. Een doseringssterkte van 50 000 r/min kan gemakkelijk worden gemeten. Robuuste „vingerhoedkamers" met vensters van resp. 0,2 en 0,45 mm worden beschreven, waarvan de ijkconstante onafhankelijk is van de hardheid der stralen, tussen resp. 0,02 en 1 mm Al (H.V.D.) en 0,04 en 2,5 mm Al (H.V.D.). Deze onafhankelijkheid van de hardheid is verkregen door een wandmateriaal te kiezen dat een lager effectief atoomnummer heeft dan lucht. Door een doelmatige combinatie van vensterdikte, afstand der (vlakke) electrodes en effectief atoomnummer van het wandmateriaal is bereikt dat de variaties in de verzwakking van de bundel door het venster en de variaties

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

in de bijdrage tot de ionisatie van de secundaire electronen uit de wand elkaar compenseren.

De doseringssnelheid en de absorptiekrommen in aluminium voor een buis met mica-beryllium venster (eigen filter 40 μ Al) bij gelijkspanningen van 11 kV, 16,5 kV, 21,5 kV, 31,0 kV en 49,5 kV werden met behulp van genoemde ionisatiekamers gemeten.

2035: N. Warmoltz en E. Bouwmeester: An easily degassable ionization gauge with a simple and stable circuit (Appl. sci. Res. **B 2**, 273-276, 1952).

Beschrijving van een ionisatiemanometer van het tetrodetype met als electrodes, behalve een gloeikathode, drie roosters. Het laatste rooster dient als ionenvanger. Deze manometer kan gemakkelijk in een oven ontgast worden, waarbij bovendien de roosters door een electrische stroom tot gloeien worden gebracht. Het eerste rooster dient om de electronenstroom constant te houden. Voor het meten van de ionenstroom wordt een gelijkstroomversterker met één buis (dubbele triode) in balansschakeling gebruikt.

2036: R. Loosjes en C. G. J. Jansen: Distribution anormale des vitesses des électrons émis par une cathode à oxydes en régime d'impulsions (Le Vide **26**, 1131-1135, 1952, No. 37).

Electronen die bij stroomimpulsen door een oxydekathode worden uitgezonden, vertonen een spreiding in energie van tientallen tot honderdtallen electronvolts. Tegen de verwachtingen in werd geconstateerd dat het snelheidsspectrum hoofdzakelijk uit enkele discrete lijnen bestaat. Een poging wordt gedaan deze verschijnselen te verklaren. Zie Philips techn. **T. 13**, 328-337, 1951 en No. **1910.**

2037: J. H. van Santen en J. S. van Wieringen: Some remarks on the ionic radii of iron-group elements. The influence of crisstalline field (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **71**, 420-430, 1952, No. 3).

De ionenstralen der elementen uit de ijzergroep dalen niet monotoon met stijgend atoomnummer van Ca tot Zn, maar vertonen maxima bij de electronenconfiguraties d^4, d^5 en (mogelijk) bij d^9, d^{10}. Een verklaring van dit verschijnsel wordt gegeven, gebaseerd op een heteropolair model, waarbij de invloed van de andere ionen op de verdeling van de 3*d*-electronen beschouwd wordt als afkomstig van het electrostatische veld van hun totale (electronen- plus kern-)ladingen. De maxima komen voor den dag door de invloed van een kristalveld met in hoofdzaak kubische symmetrie, zowel in het geval van zwakke als van sterke electronenwisselwerking.

2038: M. C. Teves, T. Tol en W. J. Oosterkamp: Die Röntgen-Bildverstärkerröhre (Fortschr. Röntgenstrahlen Röntgenpraxis, Beiheft zu Bd. **76** (Tagungsheft), 26-27, 1952).

Korte mededeling over een röntgenbeeldversterker. Zie Philips techn. T. **14**, 65-75, 1952, No. 3.

2039*: B. D. H. Tellegen: Theorie der electrische netwerken (deel III van „Theorie der wisselstromen" door G. J. Elias en B. D. H. Tellegen, P. Noordhoff N.V., Groningen-Djakarta, 1952).

Onderzoek van passieve netwerken, gekenmerkt door lineaire vergelijkingen met constante coëfficienten en opgebouwd uit een eindig aantal elementen. De eigenschappen der netwerken en de oplossing van de ten grondslag liggende differentiaalvergelijkingen worden zo veel mogelijk physisch belicht. Speciale toepassingen, zoals electrische filters, worden niet behandeld. Na een inleidend hoofdstuk over netwerkelementen is de stof verdeeld in twee delen, behandelend respectievelijk netwerkanalyse en netwerksynthese, beide achtereenvolgens met constante en met variabele frequentie.

2040: F. A. Kröger: The location of the activator in fluorescent ZnS-Cu (J. chem. Physics **20**, 345-346, 1952, No. 2).

Betoogd wordt dat in groen fluorescerend ZnS-Cu het activatorion (Cu^+) op een normale kationplaats aanwezig is. Ladingcompensatie kan plaats vinden, hetzij door Cl^- op een anionplaats, hetzij door de vervanging van twee Zn^{2+}-ionen door een monovalent Cu^+-ion en een trivalent ion. De blauwe fluorescentie van ZnS-Cu-Cl met hoge koperconcentratie wordt toegeschreven aan centra $(Cu_2)^+$. Bij hoge temperatuur vertonen deze preparaten een groene fluorescentie. Centra met meer dan twee koperatomen dienen als doofcentra en beïnvloeden de temperatuur, waarbij de blauwe fluorescentie in een groene overgaat. Zie ook No. **1931** en **1902.**

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!